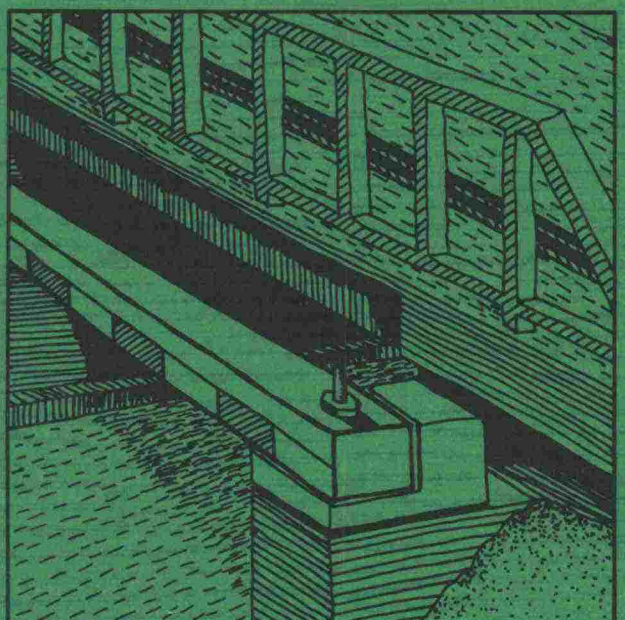
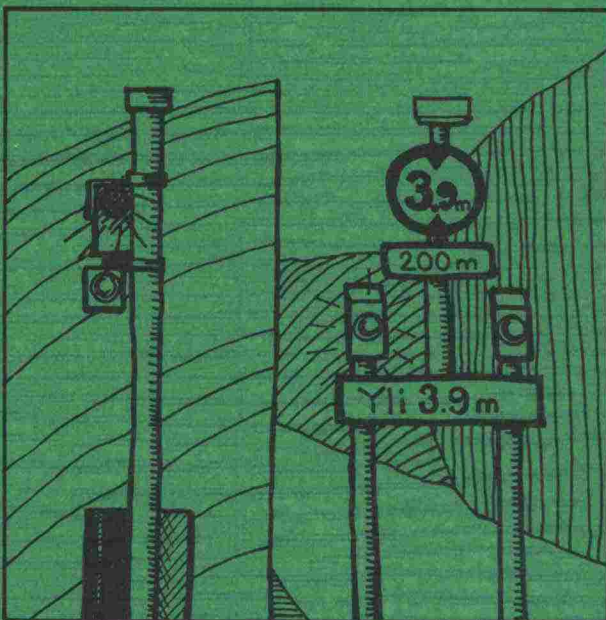
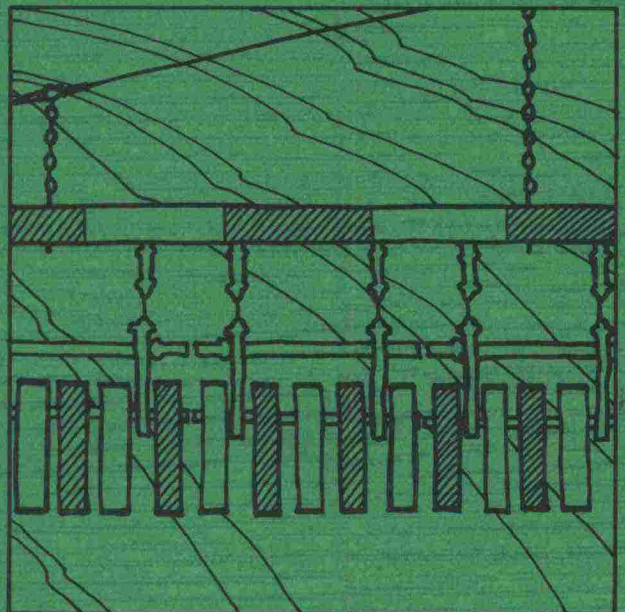
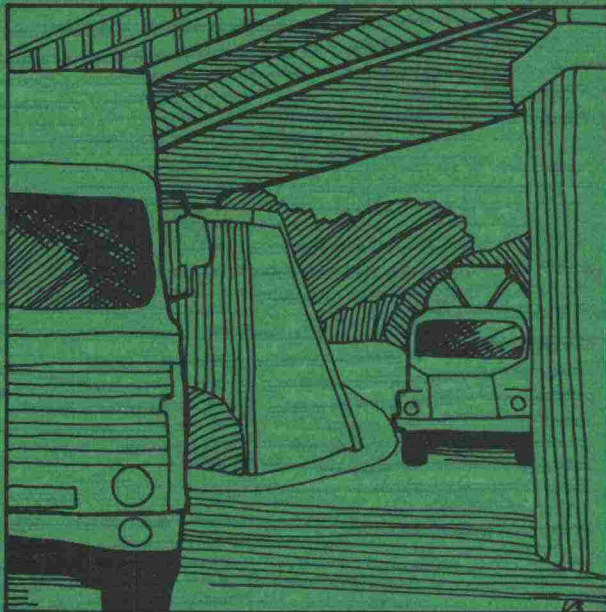


SILTOJEN SUOJAUS KORKEIDEN AJONEUVOJEN TÖRMÄYKSILTÄ



TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
KÄYTTÖOSASTO, LIIKENNETOIMISTO

MAA JA VESI OY

TVH 741931

HELSINKI 1983

08
TIE



83 0373

SILTOJEN SUOJAUS KORKEIDEN
AJONEUVOJEN TÖRMÄYKSILTÄ

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
KÄYTTÖOSASTO, LIIKENNETOIMISTO

MAA JA VESI OY

TVH 741931

HELSINKI 22.4.1983

ISBN 951-46-5562-1

SISÄLLYSLUETTELO

	ALKULAUSE	
	YHTEENVETO	
1	JOHDANTO	1
2	LÄHTÖTILANNE	3
2.1	Gabariittityöryhmä	3
2.2	Tie- ja vesirakennushallituksen antamat ohjeet	4
2.21	Alikulkupaikoista varoittaminen ja kiertotieopastus	4
2.22	Tie- ja vesirakennushallituksen ohjeet törmäyspalkkien käytöstä rautatiesilloissa	5
2.3	Tie- ja vesirakennuspiirien käsitys siltojen suojaustarpeesta	5
3	TUTKIMUSAINEISTO	7
3.1	Aineiston hankkiminen	7
3.2	Törmäysonnettomuudet	7
3.3	Törmäyksissä vaurioituneet sillat ja vaurioista aiheutuneet kustannukset	8
3.4	Suoritettut siltojen suojaustoimenpiteet	9
3.5	Tutkimusaineiston antamat tulokset	10
4	SILLAN SUOJAUKSEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	13
4.1	Törmäysalttius	13
4.11	Yleistä	13
4.12	Sillan alikulkukorkeus	13
4.13	Sillan ominaisuudet	13
4.14	Alittavan tien liikennemäärä ja hallinnollinen luokka	13
4.15	Paikalliset olosuhteet	14
4.2	Vahinkoalttius	14
4.21	Yleistä	14
4.22	Primäärivahingot	14
4.23	Sekundäärivahingot	15
4.3	Kustannukset	15
4.31	Lähtötietoihin perustuvat kustannukset	16
4.32	Epävarmat kustannukset	17
4.33	Hypoteettiset kustannukset	17
5.	SILLAN SUOJAUSMENETELMIEN EDULLISUUSVERTAILU	19
5.1	Kustannus - hyöty -tarkastelu	19
5.2	Muut vertailuperusteet	20
5.21	Yleistä	20
5.22	Toimintavarmuus ja varoitusteho	20

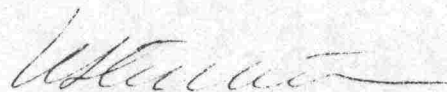
	5.23 Liikenneturvallisuus	21
	5.24 Sijoituspaikan sopivuus ja maisema- näkökohdat	21
	5.25 Liikennemäärä	22
5.3	Yhteenveto	22
6	SUOSITUKSET	23
6.1	Sillan suojauksen toteuttaminen ja suojausmenetelmän valinta	23
	6.11 Suojaustarpeen määrittäminen	23
	6.12 Suojaustoimenpiteen valinta	23
6.2	Muut suositukset	24
	TAULUKOT	
	LIITTEET	

ALKULAUSE

Jäljempänä selostetussa selvityksessä on tarkasteltu korkeiden ajoneuvojen siltoihin törmäämisiä, siltojen suojaamistarvetta tällaisia törmäyksiä vastaan ja sopivan suojausmenetelmän valintaa. Selvityksen lähtökohdiksi on otettu v. 1979 työnsä päättäneen, erilaisia suojausmenetelmiä kehittämään perustetun työryhmän (ns. "Gabariittityöryhmä") suosittamat toimenpiteet. Selvityksessä on esitetty ne tekijät, joiden perusteella voitaisiin määritellä kussakin yksittäistapauksessa siltojen suojaustarve ja valita siltaan sopivin suojausmenetelmä.

Selvityksen on laatinut tie- ja vesirakennushallituksessa sisäinen työryhmä, johon ovat kuuluneet toimistoinsinööri Jouko Kangas liikennetoimistosta (puheenjohtaja), tarkastaja Hannu Koskikallio konetoimistosta, toimistoinsinööri Anne Leppänen kunnossapitotoimistosta ja toimistoinsinööri Kari Moijanen sillanrakennustoimistosta. Käytännön selvitystyön ja työryhmän sihteerin tehtävät on hoitanut diplomi-insinööri Esko Ojanperä Maa ja Vesi Oy:stä.

Toimiston päällikkö
Yli-insinööri



K. Härkänen

YHTEENVETO

Yleisillä teillä on noin 750 alikulkua rajoittavaa siltaa. Vuosittain näihin siltoihin sattuu lukuisia korkeiden ajoneuvojen aiheuttamia törmäyksiä, joista vain 5-10:sta saadaan poliisin laatima onnettomuusilmoitus. Törmäyksistä aiheutuu vuosittain satojen tuhansien markkojen vahingot silloille, ajoneuvoille ja ajoneuvojen kuormille. Toisinaan sattuu myös loukkaantumisiin johtaneita onnettomuuksia. Aina on olemassa myös katastrofivaara, vaikka Suomessa suuronnettomuuksilta onkin välttytty toistaiseksi.

Yllä kuvatun haitan vähentämiseksi tie- ja vesirakennushallituksen piirissä on toiminut työryhmä, jonka työn tuloksista julkaistiin raportti vuonna 1979 ("Korkeiden ajoneuvojen siltoihin törmäämisen estäminen", TVH 733281). Työryhmä keskittyi työssään lähinnä erilaisten sillansuojausmenetelmien kehittämiseen ja käyttökokeiden järjestämiseen. Tämä selvitys muodostaa jatkon em. työryhmän työlle. Työssä on pyritty selvittämään siltoihin kohdistuneiden törmäysonnettomuuksien määrä, laatu, seuraukset ja syyt, arvioimaan siltojen suojaustarvetta ja osoittamaan, mikä olisi kussakin suojaustapauksessa edullisin suojausmenetelmä. Selvitystyöstä laadittu raportti sisältää siltoihin törmäämisiä ja niiden aiheuttamia vahinkoja koskevan tarkastelun, arvion siltojen suojaamistoimenpiteiden tarpeesta, suojaustapoja koskevan kustannus - hyöty -tarkastelun ja suosituksen sillansuojausmenetelmän valinnasta sekä muista toimenpiteistä.

Tie- ja vesirakennushallituksen onnettomuusrekisterin ja onnettomuuksista laadittujen poliisikuulustelupöytäkirjojen avulla on pystytty saamaan tiedot 29 törmäysonnettomuudesta, jotka ovat tapahtuneet vuosina 1967-1981. Ne ovat johtuneet useimpien seuraavista syistä: kuljettaja ei ole ottanut huomioon törmäyksen mahdollisuutta, kuljettaja ei ole ollut tietoinen kuormansa todellisesta korkeudesta, kuormaa on tilapäisesti korotettu lähdön jälkeen tai kuorma on itsestään noussut ajon aikana. Yli puolessa onnettomuuksista törmäyksen aiheuttanut kuljetus on ollut luvaton tai vastoin lupaehtoja suoritettu ylikorkea (> 4 m) kuljetus.

Tie- ja vesirakennuspiireiltä on saatu tiedot 52 sillasta, jotka ovat vaurioituneet korkeiden ajoneuvojen aiheuttamista törmäyksistä pääasiassa 1970-luvun aikana. Törmäyksissä vaurioituneiden siltojen korjauksiin on viimeisten 10 vuoden aikana käytetty rahaa (v. 1982 kustannustasossa) noin 1,7 milj.mk. Yhden sillan keskimääräiset korjauskustannukset ovat olleet siten noin 50 000 mk. Muita kustannuksia yhdessä törmäyksessä on arvioitu aiheutuneen keskimäärin noin 60 000 mk.

Suurimmat korjauskustannukset ovat aiheutuneet teräspalkkisilloille ja teräsbetonikaarisilloille. Yläpuolinen rakenne on useimmin ollut rautatiesilta. Määrältään eniten törmäyksiä on tapahtunut 4,6...4,9 m korkeisiin siltoihin, mutta suhteessa siltojen kokonaismäärään on törmäyksiä tapahtunut eniten alle 4 m:n siltoihin.

Eri suojausmenetelmistä on saatu seuraavia kokemuksia: Kielto-merkit, varoitusmerkinnät ja kiertotien olemassaolo eivät yksin estä törmäyksiä. Törmäyspalkki on tehokas suojauskeino, ja se on usein myös hyötysuhteeltaan edullinen. Sitä kannattaa käyttää erityisesti helposti vaurioituvien siltojen suojaamiseen. Toisaalta sitä ei kuitenkaan voida asentaa kaikkiin siltoihin lainkaan, ja eräissä siltatyypeissä se tulee huomattavan kalliiksi. Törmäyspalkin haittana on myös, että törmäyksessä ajoneuvon kuorma todennäköisesti vaurioituu ja että tielle pudonnut kuorma vaarantaa muun tietä käyttävän liikenteen turvallisuuden. Koekäytössä ollut sähköinen korkeudenrajoitin on ollut tehokas, mutta prototyypistä johtuen siinä alkuvaiheessa on esiintynyt runsaasti toimintahäiriöitä. Se on käytössä olevista suojausmenetelmistä kallein. Sähköisen korkeudenrajoittimen etuna on, että ohiajava korkea ajoneuvo ei kosketa sitä. Siten se on liikenneturvallinen ja sillä on pitkä käyttöikä. Se sopeutuu myös hyvin maisemaan. Kevyt korkeuden rajoitin on monessa tapauksessa hyötysuhteeltaan edullinen ja verrattain tehokas. Tietyntyyppisissä maisematiloissa se saattaa olla maisemaan sopimaton.

Siltojen suojaustarvetta on arvioitu seuraavien viiden muuttujan avulla: sillan alikulkukorkeus, siltatyyppi, yläpuolinen väylä tai rakenne, alittavan tien liikennemäärä ja paikalliset olosuhteet. Näistä paikalliset olosuhteet ovat usein melko ratkaiseva tekijä. Suojaustarvetta arvioitaessa on otettu lukuun seuraavat siltatyyppit: teräspalkkisillat, teräsbetonipalkkisillat, kaari- ja langerpalkkisillat, jännitetyt betonielementtisillat, teräsristikkosillat ja teräsbetonilaattasillat. Ennen kuin sillan suojausta ryhdytään lähemmin tutkimaan olisi ensin syytä selvittää tapahtuuko ao. sillan kohdalla muista syistä muutoksia. Tällaisia voivat olla mm. sillan uusiminen, päällysrakenteen vahvistaminen tai uusiminen ja alikulkukorkeuden lisääminen.

Rautatiesilloista suojataan yleensä teräspalkkisillat. Suojaustoimenpiteenä käytetään normaalisti törmäyspalkkia. Poikkeustapauksissa voidaan teräspalkkisilloissa ja myös muissa rautatiesilloissa käyttää kevyttä korkeudenrajoitinta tai sähköistä korkeudenrajoitinta. Tie- ja katusilloissa pääasiallinen suojausmenetelmä on kevyt korkeudenrajoitin. Törmäyspalkki on mahdollinen teräspalkkisiltojen ja jännitettyjen betonielementtisiltojen suojauksessa, elleivät kustannukset muodostu liian suuriksi. Sähköistä korkeudenrajoitinta on syytä käyttää vain erityiskohteissa; sähköinen korkeudenrajoitin on yleensä sitä edullisempi mitä suuremmat ovat tien liikennemäärät. Opastetun kiertotien järjestämisestä olisi harkittava joko yksinomaisena tai täydentävänä toimenpiteenä kaikkien alle

4,6 m korkuisten siltojen kohdalla, mikäli se on paikallisten olosuhteiden kannalta aiheellista ja mahdollista.

Yleisinä suosituksina on esitetty mm. siltakohtaisten kustannus - hyöty -tarkastelujen tekemistä varoitusmerkintämenettelyn laajentamista kaikille alle 5,0 m korkuisille silloille, sähköisen korkeudenrajoittimen edelleen kehittämistä, siltojen varoitusmaalausten kokeiluja, kuljetusliikkeiden velvollisuutta saattaa kuljetusten enimmäiskorkeudet ja oikeat reitit ao. ajoneuvojen kuljettajien tietoon, ylikorkeiden kuljetusten valvonnan tekniikan kehittämistä sekä ajoradan levennyksen tai muun pysähtymispaikan järjestämistä korkeudenrajoittimen ja sillan väliin.

SAMMANDRAG

Det finns på allmänna vägar ca 750 broar, som begränsar underfart. Årligen stöter många höga fordon på dessa broar, med bara om 5-10 av dessa sammanstötningar erhålles polisens olycksanmälning. Sammanstötningarna åstadkommer årligen skador av många hundra tusen mark på broar, fordon och fordonslaster. Ibland inträffar också olyckor som leder till skadande. Det finns alltid också en katastroffara, fastän i Finland har tillsvidare undgått katastroferna.

För att minska det ovanskildrade förfånget har inom väg- och vattenbyggnadsstyrelsen verkat en arbetsgrupp och om resultaten av dess arbete publicerades en rapport år 1979 ('Att hindra höga fordons sammanstötningar med broar, TVH 733281). Arbetsgruppen koncentrerade sig i sitt arbete på utvecklandet av närmast olika slags broskyddsmetoder och anordnandet av driftsprov. Den här utredningen är fortsättning på den ovan nämnda arbetsgruppens arbete. I detta arbete har försökts utreda antalet sammanstötningsolyckor med broar, deras beskaffenhet, följder och orsaker, bedöma broarnas skyddsbehov och påvisa, vilken skyddsmetod som skulle vara den förmanligaste i varje skyddsfall. Rapporten som uppgjorts om utredningsarbetet innehåller granskningen av sammanstötningar med broar och de av dem åstadkomna skadorna, bedömningen av behovet av åtgärder för att skydda broar, nytto-kostnadsanalysen angående skyddsmetoder och rekommendationen om valet av broskyddsmetoder samt andra åtgärder.

Med hjälp av väg- och vattenbyggnadsstyrelsens olycksregister och polisförhørsprotokoll som är uppsatta över olyckorna, har man kunnat få uppgifterna om 29 sammanstötningsolyckor, som har inträffat år 1967-1981. De har oftast berott på följande orsaker: föraren har inte beaktat möjligheten till sammanstötning, föraren har inte varit medveten om den verkliga höjden av sin last, lasten har tillfälligt höjts efter avfärden eller lasten har stigit av sig själv under åkning. I över hälften av olyckorna har sammanstötningen orsakats av en transport, som inte haft tillstånd eller av en för hög transport (>4 m), som är mot tillståndsvillkor.

Väg- och vattenbyggnadsdistrikten har givit uppgifterna om 52 broar, som har blivit skadade på grund av sammanstötningar av höga fordon främst under 1970-talet. Till reparationerna av broar, som blivit skadade i sammanstötningar, har under de senaste 10 åren använts pengar ca 1,7 milj.mk (årets 1982 kostnadsnivå). De genomsnittliga reparationskostnaderna för en bro har varit ca 50 000 mk. De övriga kostnaderna, som en sammanstötning vållat, har beräknats uppgå till ca 60 000 mk.

De största reparationskostnaderna har åsamkats stålbalkbroar och bågbroar av armerad betong. Den ovanför belägna konstruktion har i de flesta fall varit en järnvägsbro. Till antalet har sammanstötningar inträffat mest med 4,6...4,9 m höga broar, men i proportion till totalantalet broar har sammanstötningar inträffat mest med under 4 m höga broar.

Från olika skyddsmetoder har fåtts följande erfarenheter: förbudsmärken, varningsmärken och omvägen allena hindrar inte sammanstötningar. En sammanstötningsskylt är ett effektivt skyddsmedel och den är ofta också förmånlig till nyttovärdet. Det

lönar sig att använda den särskilt för att skydda broar, som lätt blir skadade. Å andra sidan kan den emellertid inte alls anbringas på alla broar och i några brotyper blir den mycket dyr. Sammanstötningens nackdel är också att i sammanstötningen blir fordonslasten sannolikt skadad och att lasten som fallit till vägen äventyrar säkerheten av annan trafik på vägen. Den elektriska höjdbegränsaren, som har varit i provdriften, har varit mycket effektiv, men på grund av prototypen har i den i början förekommit mycket funktionsstörningar. Den är den dyraste av de i bruk varande skyddsmetoderna. Den elektriska höjdbegränsaren har den fördelen att ett förbipasserande högt fordon inte rör vid den. Den är således trafiksäker och den har en lång användningstid. Den lämpar sig också till landskapet. Den lätta höjdbegränsaren är i många avseenden förmånlig till nyttovärdet och relativt effektiv. Till vissa landskapstyper kan den vara olämplig.

Skyddsbehovet av broarna har bedömts med hjälp av följande fem variabler: bronns fria höjd, brotyp, ovanför belägen led eller konstruktion, trafikmängd av den undergående vägen och lokala förhållanden. Av dessa spelar de lokala förhållandena ofta ganska avgörande roll. Vid bedömning av skyddsbehovet har följande brotyper beaktats: stålbalkbroar, balkbroar av armerad betong, båg- och langerbalkbroar, spännbetongelementbroar, stålfackverksbroar och plattbroar av armerad betong. Före en närmare granskning av skyddande av broar skulle det vara skäl att utreda om det för ifrågavarande broar vidkommande på grund av andra orsaker försigår förändringar. Sådana här kan vara bl.a. förnyelse av bron, förstärkande eller förnyelse av överbyggnaden och ökning av den fria höjden.

Av järnvägsbroarna skydds i allmänhet stålbalkbroar. Som skyddsåtgärd används i allmänhet en sammanstötningensbalk. I undantagsfall kan i stålbalkbroarna och också i de övriga järnvägsbroarna användas den lätta höjdbegränsaren eller den elektriska höjdbegränsaren. I väg- och gatubroar är den lätta höjdbegränsaren en huvudsaklig skyddsmetod. Sammanstötningensbalken är möjlig vid skyddandet av stålbalkbroar och spännbetongelementbroar, om kostnaderna inte blir för stora. Det är skäl att använda den elektriska höjdbegränsaren bara i specialfall; den elektriska höjdbegränsaren är i allmänhet ju förmånligare desto större är trafikmängder på vägen. Anordnandet av en omväg med signaler borde begründas antingen som en enda eller kompletterande åtgärd angående broar under 4,6 m, om det är möjligt och grundat med hänsyn till lokala förhållanden.

Som allmänna rekommendationer har framställts bl.a. utförande av nytto-kostnadsanalysen för varje enskild bro, utvidgande av varningsmärckssystemet för alla broar under 5,0 m, vidare utvecklande av den elektriska höjdbegränsaren, experimenten av varningsmålningar på broar, transportföretagens plikt att meddela transporterens maximala höjder och rätta rutter till ifrågavarande fordons förare, utvecklande av övervakningsteknik av för höga transporter samt breddning av en körbana eller annan stoppplats mellan höjdbegränsaren och bron.

SUMMARY

On public roads there are some 750 bridges that limit the underpass. Annually high vehicles frequently crash into these bridges but only on 5-10 of those crashes the accident report is given by the police. The crashes cause annually damages of many hundreds of thousands Finnish marks for bridges, vehicles and the loads of vehicles. Sometimes accidents can also lead to personal injuries. There is always also a danger of catastrophe although the major disasters have been avoided for the present in Finland.

For decrease of the above mentioned disadvantage in Road and Waterways Administration has been acting a working group and the results of its work were published in 1979 in a report ("Preventing of crashes of high vehicles into bridges", TVH 733281). The working group concentrated primarily on developing of various protective methods of the bridge and arranging of service tests. This investigation is a continuation to the work of the above mentioned working group. The aim of the work is to investigate the number, nature, consequences and reasons of the crashes into the bridges, estimate the need of the protection of the bridge and prove which protective method would be the most advantageous in each case of protection. The report drawn up of the investigation consists of the examination of the crashes into bridges and damages caused by them, the estimation of the need of protective measures of bridges, the cost-benefit analysis concerning the protective methods and the recommendation of the choice of the methods to protect the bridges and other actions.

By means of the accident register of RWA and the polis interrogation reports on the accidents has been managed to get information of 29 crash accidents which have occurred in 1967-1981. They have been caused by the following reasons: the driver has not considered the possibility of the crash, the driver has not been aware of the real height or the load has by itself risen during the driving. In more than half of the accidents the crash has been caused by a transport without due permission or by an over-high transport (>4 m), which is against the permission conditions.

The road and waterway districts have given information of 52 bridges that have been damaged by the crashes caused by high vehicles in the main in the 1970's. For repairing of the bridges damaged in crashes has during the last 10 years been used money (by the 1982 price level) some 1.7 mill. FIM. The average cost of repairing of one bridge has been 50 000 FIM. The other costs have been estimated on the average at some 60 000 FIM.

The highest costs of repairing concern steel girder bridges and arch bridges of reinforced concrete. The overhead construction has most often been a railway bridge. The most crashes have occurred into the 4.6...4.9 meters high bridges, but in the proportion to the total number of the bridges crashes have occurred most into the under 4 meters high bridges.

Various protective methods have given the following experiences: Prohibitory signs, warning signs and detours don't alone prevent crashes. The crash beam is an effective means of protection and it is often also advantageous by utility value. It is worth using especially to protection of damage-prone bridges. On the other hand it can not at all be placed in all bridges, and in some bridge types it will become considerably expensive. The disadvantage of the crash beam is also that the load of the vehicle probably will be damaged and that the load fallen to the road endangers the safety of the other traffic on the road. The electric height limit device which has been in service test has been effective, but because of the prototype there at the beginning have occurred a lot of malfunctions. It is the most expensive of the protective methods which are being used. The advantage of the electric height limit device is that a passing high vehicle will not touch it. Thus it is traffic safe and it has a long service life. It can be adapted also to the scenery. The light height limit device is in many cases advantageous by utility value and relatively effective. To the scenery of a certain kind it can be unadaptable.

The need of protection of the bridges has been estimated by means of the following 5 variables: the clearance height of the bridge, bridge type, overhead transport facility or construction, traffic volume of the underpassing road and local circumstances. Of those the local circumstances play often quite an important part. While estimating the need of the protection the following bridge types have been considered: steel girder bridges, girder bridges of reinforced concrete, arch bridges and bridges with arch-supported girders, prestressed concrete prefabricated bridges, steel truss bridges and slab bridges of reinforced concrete. Before the closer investigation of the protection of the bridge it would be better to examine at first if there in the bridge in question will occur changes due to other reasons. Such can be among other things renewal of the bridge, strengthening and renewal of the superstructure and raising of the clearance height.

Of the railway bridges the steel girder bridges are generally protected. As a protective measure is usually used a crash beam. In exceptional cases the light height limit device or the electric height limit device can be used in steel girder bridges and also in the other railway bridges. In road and street bridges the main protective method is the light height limit device. The crash beam is possible when the steel girder bridges and the prestressed concrete prefabricated bridges are protected, if the expenses don't become too heavy. The electric height limit device should be used only in special cases; the electric height limit device is generally the more advantageous the larger the traffic volume of the road is. Building of a detour with signs should be considered either as an only or a complementary action concerning all the bridges under 4.6 meters, if it is well-grounded and possible in regard to the local circumstances.

As general recommendations have been proposed among other things making of the cost-benefit analysis for each bridge, widening of the warning sign system to all the bridges under 5.0 meters, further improving of the electric height limit device, experimenting of the warning paintings of the bridges, the duty of the transportation business to inform the drivers of the vehicles in question of the maximum height of transports, developing of the control techniques of over-high transports, widening of the carriageway or another stopping place between the height limit device and the bridge.

1 JOHDANTO

Yleisillä teillä on noin 2000 alikulkua rajoittavaa kiinteää estettä, joista noin 750 on siltoja ja loput lähinnä portaatteja ja puoliportaaleja. Päätieverkolla näistä silloista on runsas 300. Tienkäyttäjiä varoitetaan alikulkua rajoittavista silloista joko ajoneuvon suurinta sallittua korkeutta osoittavalla liikennemerkillä (todellisen alikulkukorkeuden ollessa alle 4,1 m) tai korkeusmerkillä (vaakasuora keltamusta raidoitus) ja vapaata korkeutta osoittavalla lisäkilvellä (todellisen alikulkukorkeuden ollessa 4,1-4,79 m). Lisäksi yli 4 metriä korkeilta kuljetuksilta vaaditaan erityinen kuljetuslupa. Korkeiden kuljetusten suorittajat joutuvat kuljetuksia suorittaessaan päivittäin ottamaan nämä sillat huomioon joko reitin valinnassa tai kuorman kokoa rajoittamalla.

Kaikesta varottamisesta ja huomioonottamisesta huolimatta siltoihin tällöin sattuu, että korkea kuljetus törmää alikulkua rajoittavaan esteeseen (siltaan). Törmäyksestä voi aiheutua vaurioita ajoneuvoille, niiden kuormille, tien yläpuolisille rakenteille ja kolmansille osapuolille, ja niiden vahinkokustannukset voivat olla epäsuotuisimmissa tapauksissa varsin suuretkin. Lisäksi tällaisesta törmämisestä on miltei aina seurauksena ns. sekundäärivahingon syntymisen vaara, joka eräissä tapauksissa voi merkitä jopa katastrofin uhkaa.

Näistä lähtökohdista tie- ja vesirakennushallitus perusti vuonna 1976 työryhmän tutkimaan keinoja korkeiden kuljetusten silloille aiheuttamien vaurioiden estämiseksi. Työryhmän työn keskeisenä osana oli erilaisten korkeuden rajoittimien kehittäminen ja kokeilu. Työryhmä sai työnsä valmiiksi vuonna 1979.

Tämä selvitys muodostaa jatkon em. työryhmän työlle. Selvityksessä on esitetty työryhmän suosittamia jatkotoimenpiteitä lähtökohtana käyttäen ne tekijät, joiden perusteella voitaisiin valita kussakin yksittäisessä sillansuojaamistapauksessa siltaan sopivin suojaamismenetelmä.

Selvityksen yhteydessä tehtiin siltoihin törmäämisiä ja niiden aiheuttamia vahinkoja koskeva tarkastelu, arvio siltojen suojaamistoimenpiteiden tarpeesta, suojaustapakohtainen kustannus - hyöty -tarkastelu ja suositus sillansuojausmenetelmän valinnasta sekä muista toimenpiteistä.

2 LÄHTÖTILANNE

2.1

Gabariittityöryhmä

Tie- ja vesirakennushallitus perusti 8.7.1976 työryhmän sillanrakennustoimiston johdolla tutkimaan korkeudenrajoittimiin liittyviä kysymyksiä. Työryhmässä oli mukana myös rautatiehallituksen edustaja. Työryhmän työn keskeisenä osana oli erilaisten korkeudenrajoittimien kehittäminen, mutta samalla työryhmä selvitti myös muita ratkaisuja ylikorkeiden ajoneuvojen ja kuljetusten silloille aiheuttamien vahinkojen välttämiseksi. Työsäännän tarvitsemaa tietoa työryhmä sai mm. tie- ja vesirakennuspiireille v. 1976 ja 1979 osoitettuihin kyselyihin saaduista vastauksista. Työryhmän työn tulokset ja ehdotukset jatkotoimenpiteiksi on julkaistu raportissa "Korkeiden ajoneuvojen siltoihin törmäämisen estäminen" (TVH 733281, Helsinki 1979).

Vahinkojen estämistoimenpiteet ryhmitetään em. raportissa yleisiin, rakenteista varoittaviin ja rakenteisiin kohdistuviin toimenpiteisiin. Yleisiä toimenpiteitä ovat lainsäädäntö sekä asiaa koskeva tiedotus ja koulutus. Rakenteista varoittavia toimenpiteitä ovat alikulkukorkeuden ilmoittaminen liikenne-merkein ja kohteen havaittavuuden lisääminen huomiota herättävällä värityksellä. Varoittaviin toimenpiteisiin luetaan myös erilaiset korkeudenrajoittimet, joista lähemmin tutkittavaksi ja kokeiltavaksi jäi kaksi tyyppiä:

- kevyt portaalityyppinen korkeudenrajoitin
- valokennoperiaatteella toimiva sähköinen korkeudenrajoitin.

Sen sijaan ns. raskaan korkeudenrajoittimen kehittelystä luovuttiin, koska se katsottiin liikenneturvallisuuden kannalta liian vaaralliseksi. Varoitusjärjestelyjen täydennyksenä esitettiin käytettäväksi kiertotieopastusta.

Rakenteisiin kohdistuvia toimenpiteitä ovat:

- sillan päällysrakenteen vahventaminen tai korvaaminen törmäyksiä paremmin kestäväällä rakenteella
- sillan suojaaminen törmäyspalkilla
- sillan alikulkukorkeuden lisääminen.

Työryhmä esitti jatkotoimenpide-ehdotuksissaan mm. seuraavia suuntaviivoja:

- Yleisinä toimenpiteinä lisätään kuljettajien tietämystä ja yleistä informointia vahinkotapauksista, tehostetaan korkeiden kuljetusten valvontaa ja selvitetään kuormakorkeuden pakollisen mittalaitteen tarkoituksenmukaisuutta.

- Rakenteista varoittamisessa on tehostettava vahinkoalttiiden siltojen merkintää, sovellettava kiertotieopastusta laajemmin ja asennettava korkeudenrajoittimia niihin siltakohteisiin, joissa muut toimenpiteet eivät ole riittävän tehokkaita. Korkeudenrajoittimena tulee kyseeseen lähinnä kevyt korkeudenrajoitin, jonka käytöstä tie- ja vesirakennuspiireille on annettava tarkemmat ohjeet. Sähköinen korkeudenrajoitin tulee kysymykseen lähinnä taajamissa silloin, kun korkeat kuormat voivat aiheuttaa vakavia vahinkoja.
- Rakenteisiin kohdistuvina toimenpiteinä on lisättävä sillan alikulkukorkeutta, jos se on kohtuullisin kustannuksin mahdollista. Joissakin tapauksissa voidaan siltarakennetta vahventaa oletetusta törmäyskohdasta. Erittäin vahinkoalttiita siltoja on suojattava törmäyspalkilla tai vaihtamalla päällysrakenne.

Lisäksi työryhmä esitti siltojen suunnittelua, siltojen uusimistoimenpiteiden ohjelmointia sekä seurantaa koskevia toimenpide-ehdotuksia.

2.2 Tie- ja vesirakennushallituksen antamat ohjeet

2.21 Alikulkupaikoista varoittaminen ja kiertotieopastus

Tie- ja vesirakennushallituksessa on 24.6.1982 hyväksytty uudet yleisohjeet liikennemerkkien käytöstä (TVH 741909). Ohjeitten mukaan merkkiä "Ajoneuvon suurin sallittu korkeus" (merkki 342) käytetään vain sellaisissa tienkohdissa, joissa ajoneuvoasetuksen enimmäiskorkeuden (4,0 m) mukaista ajoneuvoa tai ajoneuvoyhdistelmää ei voida kuljettaa. Suurin luku, joka merkissä voi esiintyä on 3,9 m (esteen todellinen alikulkukorkeus alle 4,10 m).

Rajoituksen suuruutta määrättäessä pyöristetään vapaa alikulkukorkeus alaspäin lähimpään 0,1 m:iin ja tästä vähennetään 0,1 m. Erityisistä syistä voidaan käyttää myös suurempaa turvallisuusvaraa.

Merkkiä voidaan käyttää myös ennakkomerkkinä, jolloin sen yhteydessä käytetään lisäkilpeä 815 "Etäisyys kohteeseen". Ennakkomerkki tulee erityisesti kyseeseen, kun korkeille ajoneuvoille on osoitettavissa kiertotie tai kun matala silta tms. on niin kaukana liittymästä, että varsinainen rajoitusmerkki ei näy. Merkkiä voidaan käyttää kiertotien opastuksen yhteydessä kiertotien suunnistustauluun sijoitettuna.

Merkki asetetaan tien oikealle puolelle ja lisäksi sen ajokaistan yläpuolelle, jonka vapaa korkeus on rajoitettu. Jos tiellä on yhteen suuntaan kaksi tai useampia ajokaistoja, merkki asetetaan kaikkien ajokaistojen yläpuolelle ja myös ajoradan vasemmalle puolelle.

Sellaisista matalista tienkohdista, joiden sallittu alikulkukorkeus on 4,0-4,6 m (todellinen alikulkukorkeus 4,10-4,79 m) varoitetaan korkeusmerkillä (keltaisia raitoja mustalla pohjalla) ja lisäkilvellä 822 "Vapaa korkeus" tai merkillä 189 "Muu vaara" ja lisäkilvellä "Vapaa korkeus". "Vapaa korkeus" lisäkilpeen on merkittu vapaan korkeuden lukuarvo, esim. 4,5 m.

Korkeusmerkkiä käytetään matalien siltojen, tunneleiden tms. yhteydessä, milloin sallittu alikulkukorkeus on alle 4,6 m. Merkkiä käytetään yleensä vain kohteissa, jotka sijaitsevat vilkkaasti liikennöidyillä, raskaan liikenteen ja korkeiden kuljetusten käyttämillä teillä tai tienkohdissa, joissa muista syistä on normaalia suurempi vaara törmätä esteeseen. Merkki sijoitetaan esteeseen siten, että sen alareuna tulee siltapalkin tms. esteen alareunan kanssa samaan korkeustasoon.

Yleisohjeisiin sisältyvät myös ohjeet merkin 615 "Kiertotieopastus" ja kiertotien suunnistustaulun (merkit 613 ja 614) käytöstä. Merkkiä "Kiertotieopastus" käytetään osoittamaan lyhyttä kiertotietä. Kiertotieopastuksesta on tie- ja vesirakennushallituksessa valmisteilla yksityiskohtaiset ohjeet.

2.22

Tie- ja vesirakennushallituksen ohjeet
törmäyspalkkien käytöstä rautatiesilloissa

Tie- ja vesirakennushallitus on antanut kirjeessään tie- ja vesirakennuspiireille ohjeet, jotka koskevat kevytrakenteisten rautatiesiltojen suojaamista törmäyspalkkeilla tieliikenteen aiheuttamilta vaurioilta. Ohjeiden liitteinä ovat törmäyspalkin piirustukset sekä rautatiehallituksen samasta asiasta ratapiirien päälliköille lähettämä kirje.

Tie- ja vesirakennushallituksen kirjeen mukaan yleisperiaatteena on, että kaikki vapaalta alikulkukorkeudeltaan alle 4,6 m olevat kevytrakenteiset rautatiesillat suojataan törmäyspalkilla. Suojaamatta voidaan harkinnan mukaan jättää lähinnä vähäliikenteisten ratojen (esim. teollisuusraiteet) siltoja. Sillan vapaan alikulkukorkeuden ollessa 4,6 m tai enemmän voidaan suojaamatta jättää muitakin siltoja. Aina on kuitenkin syytä suojata silta, joka on ylikorkeiden kuljetusten reittinä käytetyllä tieosalla kuljetusten korkeutta rajoittavana alikulkuesteenä.

Tie- ja vesirakennuspiiri vastaa törmäyspalkin kustannuksista tai osallistuu valtionrautateiden suorittamaan sillan kansirakenteen vaihtoon törmäyspalkkien hinnalla.

2.3

Tie- ja vesirakennuspiirien käsitys
siltojen suojaustarpeesta

Tie- ja vesirakennushallitus on aikaisemmin vuosina 1976 ja 1979 lähettänyt tie- ja vesirakennuspiireille kyselyn korkeudenrajoittimien ja törmäyspalkkien tarpeesta.

Piirit esittivät v. 1979 vastauksissaan erilaisia suojaustoimenpiteitä seuraavasti (suluissa olevat luvut tarkoittavat epävarmoja tapauksia, jotka saattavat mahdollisesti tulla kysymykseen):

- kevyt korkeudenrajoitin 35 (+ 9) siltaa
- törmäyspalkki 19 siltaa
- sähköinen korkeudenrajoitin 7 (+ 3) siltaa

Sillat, joille piirit esittivät suojelutoimenpiteitä

Todellinen korkeus (m)	Rautatiesilta	Muu silta	Yht.
$\leq 4,0$ m	31	8	39
4,1 - 4,6 m	11	12	23
$> 4,6$ m	2	9	11
Yhteensä	44	29	73

3 TUTKIMUSAINEISTO

3.1 Aineiston hankkiminen

Tutkimusaineisto sisältää seuraavat tiedot:

1. Vuosina 1967-1981 tapahtuneet korkeiden ajoneuvojen siltoihin kohdistuneet törmäysonnettomuudet. Tiedot on saatu tie- ja vesirakennushallituksen onnettomuusrekisteristä ja poliisikuulustelupöytäkirjoista. Aineisto sisältää tiedot 29 onnettomuudesta. (liite 1)
2. Vakuutusyhtiöiden törmäysonnettomuuksista maksamat korvaukset. Tiedot on saatu vakuutusyhtiöiltä. Aineisto sisältää 11 korvaustapausta. (liite 2)
3. Sillat, joihin oli törmännyt korkeita ajoneuvoja, ja näistä törmäyksistä silloille aiheutuneet vahingot. Tiedot on saatu tie- ja vesirakennuspiireistä tie- ja vesirakennushallituksen kirjeen nro O/K1-46/19.4.1982 perusteella. Aineisto sisältää tiedot 52 sillasta. (liite 3)
4. Toteutetut siltojen suojaustoimenpiteet ja niistä saadut kokemukset. Tietojen hankinta kuten kohdassa 3. Aineisto sisältää tiedot 28 suojaustoimenpiteestä. (liite 4)

Tutkimusaineistosta tehdyt yhteenvedot ja tutkimusaineiston antamat tulokset on esitelty taulukoissa 1-8 (tarkemmin ks. taulukkoluetelo).

3.2 Törmäysonnettomuudet

Silta ja kuljetus ovat vaurioituneet ainakin jossakin määrin miltei kaikissa (yli 90 %) tapauksissa. Henkilövahinkoja on aiheutunut seitsemässä onnettomuudessa (25 %). Vammat ovat olleet yleensä lieviä. Alkoholilla ei ole ollut osuutta onnettomuuteen yhdessäkään tapauksessa. Silloista 16 kpl (55 %) on ollut rautatiesiltoja ja 3 kpl (10 %) kevyen liikenteen siltoja. Uusi silta tai rakennustyömaa on ollut kyseessä kuudessa onnettomuudessa.

Kuormaa on tilapäisesti korotettu tai kuorma-auton lava tai nosturin puomi on ollut ylhäällä 12 tapauksessa (41 %). Hyvin tyypillinen onnettomuus näyttää olevan juuri kuorma-autoon asennetun nosturin tai ylösnousseen lavan törmäys siltaan. Näissä tapauksissa onnettomuus tulee mahdollisista varoitusmerkeistäkin huolimatta kuljettajalle täysin yllätyksenä.

Muutamassa tapauksessa on tielle pudonnut törmäyksessä kontti. Tällaisen tapahtuman seurauksena voi olla vakavakin onnettomuus, joka tapahtuu esim. siten, että perässä tulevat ajoneuvot eivät ehdi väistää ja ajavat päin konttia.

Kuljetuksen korkeudesta ei kaikissa tapauksissa ole tietoja. Vain kolmessa tapauksessa on todettu kuljetuksen olleen korkeintaan 4,0 m korkuinen. Kuljetus on kiistattomasti ollut luvaton (ilman asianmukaista erikoiskuljetuslupaa) 11 tapauksessa, mutta ilmeisesti suuri osa muistakin yli 4,0 m korkuisista kuljetuksista on ollut luvattomia. Erikoiskuljetusluvalla suoritetuista kuljetuksista ainakin kolme on suoritettu vastoin lupaehtoja.

Kun ajoneuvojen kuljettajilta on kysytty syytä siihen, että he ovat kuljettaneet luvatta ylikorkeata kuormaa/kuljetusta, melko yleinen selitys on ollut, että erikoiskuljetusluvan hankkiminen on kuulunut jollekin toiselle osapuolelle ja että on kuviteltu asian tulleen hoidetuksi. Monessa tapauksessa on myös mainittu, että samoja tuotteita on aikaisemminkin kuljettu kyseisen sillan alta eikä korkeuden mittausta siten ole pidetty tarpeellisena. Kuljettajat ovat myös usein kertooneet epäilleensä juuri ennen siltaa kuljetuksen mahtumista sillan alta ja jarruttaneensa. Jarrutus on kuitenkin tapahtunut liian myöhään, jotta törmäys olisi voitu välttää.

3.3

Törmäyksissä vaurioituneet sillat ja vaurioista aiheutuneet kustannukset

Todelliselta alikulkukorkeudeltaan alle 4 m on 16 siltaa (31 %). Silloista 69 % on siten sellaisia, joihin törmättäessä kysymys on ollut luvattomista tai lupaehtojen vastaisista erikoiskuljetuksista. Silloista 19 kpl (37 %) on korkeudeltaan yli 4,6 m.

Vuosina 1975-1982 törmäyksissä on vaurioitunut 41 siltaa. Vauriot on korjattu 34 sillasta, ja 26 sillan osalta korjauskustannukset ovat tiedossa, mutta 8 sillan osalta niitä ei tiedetä. Viime mainituista silloista oli rautatiesiltoja neljä. Ilmeisesti siltojen vain varsin vähäisen vaurioitumisen takia 7 siltaa on jätetty korjaamatta.

Tiedossa olevat korjauskustannukset ovat olleet yhteensä 1 003 800 mk. Yhden vuoden aikana korjauskustannuksia on kertynyt siten keskimäärin 143 400 mk ja korjauskustannusten yhtä siltaa kohti laskettu keskiarvo on ollut 38 600 markkaa. Jos oletetaan, että se on myös kaikkien siltojen korjauskustannusten keskiarvo, korjauskustannuksia on kertynyt ajanjaksolla 1975-1982 yhteensä 1,3 miljoonaa markkaa. Muutettuna vuoden 1982 kustannustasoon näiden korjauskustannusten keskiarvo on 51 000 markkaa ja yhteissumma 1,7 miljoonaa markkaa.

Monissa tapauksissa ajoneuvolle tai kuormalle aiheutuneiden melkoisten vaurioiden kustannukset jäävät arvailujen varaan. Tällaisia vahinkoja lienee sattunut useitakin siltaa kohti, silloinkin kun sillassa voidaan havaita vain vähäisiä kolhuja. Vakavia henkilövahinkoja tiedetään tapahtuneen vain yhdessä tapauksessa. Tällöin kuorma-auton lavalla ollut kontti putosi törmäyksen voimasta tielle ja takana ajanut henkilöauto törmäsi konttiin.

Vakuutusyhtiöt ovat maksaneet tietoon tulleissa tapauksissa korvauksia ajoneuvoille ja niiden kuormille aiheutuneista vahingoista keskimäärin 61 000 markkaa onnettomuutta kohti. Jos oletetaan, että se on myös kaikkien onnettomuuksien aiheuttamien kustannusten keskiarvo, näitä kustannuksia on kertynyt (ajanjaksolla 1975-1982) yhteensä 3,0 miljoonaa markkaa. Siltoihin tapahtuneiden törmäysten kokonaiskustannusten arvioksi noin 7 vuoden jaksolla saadaan siten yhteensä noin 4,7 milj.mk ja vuodessa keskimäärin 650 000 mk.

Taulukoiden 2-8 sisältämistä luvuista ei voida havaita, että siltoihin kohdistuneiden törmäysten määrä tai niiden kärsimien vahinkojen suuruus noudattaisivat jotakin vuotuista kehitystä tai että ne riippuisivat jollakin tavalla sillan yläpuolisen rakenteen tai väylän laadusta tai tien hallinnollisesta luokituksista. Sillan alikulkukorkeus ja siltatyypin sen sijaan vaikuttavat niihin ja jonkinlaista merkitystä näyttää olevan myös tien liikennemäärällä.

Määrällisesti eniten törmäyksiä on tapahtunut sellaisiin siltoihin, joiden todellinen alikulkukorkeus on ollut 4,6...5,0 metrin välillä, ja suhteellisesti eniten törmäyksiä sellaisiin siltoihin, joiden todellinen alikulkukorkeus on ollut pienempi kuin 4,0 metriä. Väliin jäävä alikulkukorkeusalue on sellainen, jossa rajoitettua alikulkukorkeutta ei enää osoiteta liikennemerkein (lukuunottamatta sallittua korkeutta 3,9 metriä), mutta sen sijaan sillasta voidaan varoittaa ns. korkeusmerkillä ja osoittaa sen vapaa alikulkukorkeus. Suurimmat keskimääräiset vauriot ovat aiheutuneet teräspalkkisilloilla sekä kaari- ja langerpalkkisilloilla. Sekä määrällisesti että suhteellisesti eniten törmäyksiä on sattunut sellaisilla teillä, joiden liikennemäärä on pienempi kuin 1500 ajon./vrk. ja vähiten sellaisilla teillä, joiden liikennemäärä on yli 9 000 ajon./vrk. Siltojen keskimääräiset korjauskustannukset eivät kuitenkaan ole selvässä suhteessa tien liikennemäärään; suurin arvo esiintyy vuorokausiliikenteeltään yli 9 000 ajoneuvon teillä ja pienin 6 000...9 000 ajoneuvon teillä.

3.4

Suoritettujen siltojen suojaustoimenpiteet

Tie- ja vesirakennuspiireillä ei yleensä ole ollut kokemuksia varoitusmerkintöjen merkityksestä, ja niissä muutamassa tapauksessa, joissa kokemuksista on voitu kertoa, varoitusmerkintöjä on pidetty riittämättöminä. Sillan alikulkukorkeutta ei ole

yleensä syytä lisätä eikä alikulkupaikalle järjestää kiertotietä yksinomaan sillan suojaamisen vuoksi. Kummankin ratkaisun toteuttamiseen tarvitaan muitakin perusteita, esimerkiksi korkeiden kuljetusten suoritusmahdollisuuksien parantaminen yleensä tai paikallisista olosuhteista aiheutuva tarve. Alikulkukorkeuden lisääminen tai kiertotien järjestäminen voi maksaa joissakin tapauksissa jopa satoja tuhansia markkoja, eikä niillä kuitenkaan täysin voida estää törmäyksiä, vaikka törmäysten lukumäärät ovatkin vähentyneet. Esimerkiksi siitä huolimatta, että Askolassa ja Kangasalla olevat sillat voidaan kiertää suhteellisen helposti, molemmille silloille ovat törmäykset aiheuttaneet vahinkoja yli 60 000 markan edestä.

Kevyitä korkeudenrajoittimia on ollut käytössä 11 kpl. Niistä saadut kokemukset ovat olleet hyvin erilaisia. Ne ovat toteuttamiskustannuksiltaan ja myös laatutasoltaan hyvin erilaisia. Kalleimmista 20 000 mk:n ja 60 000 mk:n korkeudenrajoittimista on yleensä hyvät kokemukset. Ne ovat täysin estäneet ainakin vaurioita aiheuttavat törmäykset. Sen sijaan vanhimmat muutamalla tuhannella markalla aikoinaan rakennetut korkeudenrajoittimet aiheuttavat jo omalta osaltaan korjauskustannuksia tuhansia markkoja vuodessa. Näissä on yleensä ripustettu lauta tien yli kulkevien vajereiden varaan määrätyle korkeudelle.

Neljään siltaan on asennettu tie- ja vesirakennushallituksen ohjeiden mukaiset teräksiset törmäyspalkit, ja niistä saadut kokemukset ovat hyvin erilaisia. Outokummussa on rautatien alikulkusilta suojattu betonisilla törmäyspalkeilla, joiden ulkosivu ja alapintoja on vahvistettu kuperilla teräskoilla pintavaurioiden ehkäisemiseksi. Törmäyspalkit toimivat samalla sillan kaiteiden kiinnitysalustoina. Törmäyspalkit asennettiin samalla kertaa, kun myös sillan alikulkukorkeutta lisättiin, ja Pohjois-Karjalan piirissä ratkaisua on pidetty hyvänä. On kuitenkin todennäköistä, että tällainen rakenne vaatii paljon kunnostusta.

Sähköinen korkeudenrajoitin on ollut käytössä Tampereen Lielahdessa rautatiesillan kohdalla ja sen rakentaminen maksoi 90 000 mk. Käyttönoton jälkeen törmäyksiä ei ole sattunut, mutta sen sijaan laitteissa on alkuaikoina ollut runsaasti toimintahäiriöitä, koska kyseessä on ollut prototyyppi.

3.5

Tutkimusaineiston antamat tulokset

Tutkimusaineisto on jäänyt melko suppeaksi, eikä varsinaiselle tilastolliselle käsittelylle saada hyvää perustaa. Tulokset antanevat kuitenkin tälläkin tasolla riittävän tuntuman johtopäätösten tekemiseksi ja toimenpiteiden toteuttamiseksi.

Tutkimusaineiston antamat tulokset

1. Törmäysonnettomuuksien yleisimmät syyt ovat olleet, että
 - kuljettaja ei ole ottanut lainkaan huomioon törmäyksen mahdollisuutta (12 kpl)
 - kuljettaja ei ole tuntenut kuormansa todellista korkeutta (12 kpl) ja
 - kuljetuksen korkeutta on tilapäisesti nostettu tai se on itsestään muuttunut ajon aikana (12 kpl).
2. Alkoholilla ei ole ollut osuutta törmäysonnettomuuksiin yhdessäkään tapauksessa. Vertailuna mainittakoon, että v. 1981 yleisillä teillä sattuneista liikenneonnettomuuksista 12 %:ssa oli alkoholilla osuutta onnettomuuteen.
3. Yli puolet (vähintään 16 kpl tai 55 %) törmäysonnettomuuksista on ollut kokonaan luvattomia tai vastoin lupaehtoja suoritettuja erikoiskuljetuksia.
4. Törmäyksissä vaurioituneiden siltojen korjauksiin on käytetty rahaa (v. 1982 tasossa) kaikkiaan noin 2 miljoonaa markkaa tarkasteluajanjaksolla (v. 1970 jälkeen). Yhden sillan keskimääräiset korjauskustannukset ovat noin 50 000 markkaa. Suurin yksittäinen korjauskustannus on ollut 218 000 mk (1979).
5. Muita kustannuksia yhdessä törmäyksessä aiheutuu keskimäärin noin 60 000 mk.
6. Eniten todettuja törmäyksiä on tapahtunut teräspalkkisiltoihin, teräsristikkosiltoihin ja jatkuviin teräsbetonilaattasiltoihin. Suurimmat korjauskustannukset taas ovat olleet teräspalkkisilloilla sekä kaari- ja langerpalkkisilloilla.
7. Useimmiten törmäyksen kohteeksi joutunut yläpuolinen rakenne on ollut rautatie(silta).
8. Alikulkukorkeudeltaan 4,6...4,9 m korkeisiin siltoihin on tapahtunut eniten törmäyksiä (23 kpl) ja alikulkukorkeudeltaan alle 4,0 m siltoihin seuraavaksi eniten (16 kpl). Kun otetaan huomioon eri alikulkukorkeudella siltojen kokonaislukumäärät, törmäyksiä on tapahtunut suhteellisesti eniten alikulkukorkeudeltaan alle 4 m korkeisiin siltoihin (0,3 törmäystä siltaa kohti tarkasteluajanjaksolla).
9. Kieltoimerkit, varoitusmerkinnät ja kiertotien olemassaolo eivät yksin estä törmäysonnettomuuksia.

10. Hyvin suunniteltu ja monipuolinen mekaaninen korkeuden rajoitin on tehokkaampi ja toimintavarmempi mutta toisaalta myös huomattavasti kalliimpi kuin vastaavat yksinkertaiset laitteet.
11. Sähköisen korkeudenrajoittimen tehokkuus koekäytössä on ollut hyvä mutta toimintavarmuus alkuaikoina heikohko. Käytössä oleva malli vaatisi kehittelyä.
12. Törmäyspalkista saadut kokemukset ovat olleet ristiriitaisia. Se estää sillan vaurioitumisen, mutta ei muita vahinkoja, jotka saattavat olla melko vakavia-kin. Törmäyspalkin toteuttamiskustannukset vaihtelevat erittäin paljon.

4 SILLAN SUOJAUKSEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

4.1 Törmäysalttius

4.11 Yleistä

Törmäysalttiudella tarkoitetaan sitä suhteellista todennäköisyyttä, jolla alikulkukorkeutta rajoittavaan siltaan törmäyksiä ajoneuvoja alikulkupaikalla vallitsevissa olosuhteissa. Törmäysalttiuteen vaikuttavat mm. sillan alikulkukorkeus, eräät siltarakenteen erityispiirteet, (alittavan) tien liikennemäärä ja erityiset paikalliset olosuhteet.

4.12 Sillan alikulkukorkeus

Lukumäärältään eniten törmäyksiä on sattunut siltoihin, joiden todellinen alikulkukorkeus on ollut välillä 4,6...5,0 m ja siltoihin, joiden todellinen alikulkukorkeus on ollut noin 3,9 m. Viimeksi mainitut sillat ovat olleet teräsristikkosilloja. Suhteessa alikulkusiltojen kokonaismääriin eniten törmäyksiä on sattunut alikulultaan alle 4,1 m:n siltoihin (34 %:iin kaikista ko. ryhmään kuuluvista silloista). Erityistä huomiota tulisi kiinnittää alikulultaan 4,6...5,0 m:n siltojen suojaamiseen, koska tässä ryhmässä tapahtuu eniten siltoihin törmäämisiä ja niistä aiheutuvat suurimmat vahingot. Asiaa valaiseva kuvio on esitetty taululukossa 3.

4.13 Sillan ominaisuudet

Sillan ominaisuuksilla on vaikutusta törmäämisalttiuteen vain sellaisissa tapauksissa, joissa alikulun poikkileikkauksen korkeus ei ole vakio vaan pienenee yleensä alikulukaukon toista reunaa tai molempia reunoja kohti. Tällaisia siltoja ovat mm. teräsbetonikaarisillat ja erilaiset holvisillat sekä pituussuunnassa kaltevat sillat (esim. ylittävä tie mäessä), ja näissä silloissa törmäysalttius on suurempi kuin sellaisissa silloissa, joilla on sama alikulkukorkeus mutta poikkileikkaus ei muutu.

4.14 Alittavan tien liikennemäärä ja hallinnollinen luokka

Lukumäärältään eniten törmäyksiä on sattunut valtateilla (22 kpl) ja muilla maanteilla (18 kpl) sijaitseviin siltoihin, mutta kantateilla on törmäyksiä sattunut vain viiteen siltaan. Kun em. arvoja verrataan kunkin tieluokan siltojen kokonaismääriin, voidaan todeta, että valtateiden alikulkusilloista on joutunut törmäysten kohteeksi 9 %, kantateiden 7 % ja muiden maanteiden 18 %. Onnettomuustietojen perusteella näyttää siltä, että ylikorkeita kuljetuksia kuljetaan kuitenkin mieluummin valta- ja kantateitä pitkin siitä huolimatta, että niille on osoitettu kuljetusluvassa kiertotiet alempilukkaisten teiden kautta.

Taulukossa 4 on esitetty törmäysten lukumäärien jakautuminen tien liikennemäärän mukaan. Siitä käy ilmi, että määrälliset jakautumat ovat lähinnä satunnaisia mutta että suhteellinen jakautuma, jossa vaurioituneiden siltojen lukumäärää on verrattu kunkin liikennemääräluokan kaikkien alikulkusiltojen lukumäärään, noudattaa alenevaa kehitystä tien liikennemäärän kasvun suhteen. Asiaa teoreettisesti tarkasteltaessa tuntuisi luonnolliselta, että liikennemäärien kasvaessa törmäysten lukumäärät lisääntyisivät.

4.15 Paikalliset olosuhteet

Kyseeseen tulevat erityiset paikalliset olosuhteet voivat olla mm. seuraavanlaisia:

Jos tieosuudella on useita peräkkäisiä siltoja, osuuden ensimmäiset sillat (kummassakin ajosuunnassa) toimivat yleensä puskurien tapaan ja ottavat vastaan mahdolliset törmäykset. Niiden välillä olevat sillan voivat välttyä törmäyksiltä, jos niillä on vähintään sama alikulkukorkeus kuin ensimmäisilläkin silloilla. Sama periaate koskee myös ylikorkeiden kuljetusten reiteillä olevia siltoja.

Jos tieosuudelle rakennetaan uusi silta, se on keskimääräistä törmäysalttiimpi aluksi, kunnes sen olemassaolo saavuttaa tienkäyttäjien tietoisuuden.

4.2 Vahinkoalttius

4.21 Yleistä

Tapautuneen törmäyksen seurauksena syntyvät vahingot on jaettu tässä primääri- ja sekundäärivahinkoihin. Primääri-vahinkoja ovat törmäyksestä sillalle, siltaan törmäneelle ajoneuvoille, ajoneuvon kuormalle ja ajoneuvossa oleville henkilöille aiheutuneet vahingot ja sekundäärivahinkoja törmäyksen aiheuttaman primäärivahingon tai liikenne-esteen takia sattuneiden onnettomuuksien aiheuttamat vahingot. Vahinkoalttiudella tarkoitetaan primäärivahinkojen kohdalla sitä vaurioiden suhteellista määrää, jonka korkean ajoneuvon törmääminen siltaan määrätyllä törmäysvoimalla saa aikaan. Sekundäärivahinkojen kohdalla vahinkoalttiudella tarkoitetaan sitä todennäköistä sekundäärivahinkojen määrää, joka on seurauksena (primäärivahinkoihin johtaneesta) törmäyksestä. Vahinkoalttiuteen vaikuttavat mm. sillan rakenne, ylittävän rakenteen laatu ja tien liikennemäärä.

4.22 Primäärivahingot

Taulukossa 5 on esitetty alikulkusiltojen kokonaismäärän, törmäysten takia korjattujen alikulkusiltojen määrän ja korjauskustannusten jakautuminen siltatyypin mukaan. Siitä käy ilmi, että teräspalkkisiltoja, kaari- ja langerpalkkisiltoja ja jännitettyjä betonielementtisiltoja on jouduttu

korjaamaan suhteellisesti enemmän kuin muita siltoja ja että myös niiden keskimääräiset korjauskustannukset ovat olleet suurimmat. Vähäisimmät vauriot ovat sattuneet teräsbetoni-laatta- ja palkkisilloille. Korjauskustannusten kokonaismäärissä teräspalkkisillat ja kaari- ja langerpalkkisillat ovat selvästi ensimmäisinä, mistä syystä näiden siltatyyp-
pien suojaukseen olisi kiinnitettävä erityistä huomiota.

On sattunut myös eräitä sellaisia törmäyksiä, joiden jälkeen siltaa ei ole korjattu eikä törmäyksestä ole aiheutunut siten korjauskustannuksia, mutta joiden seurauksena sillan kantavuus on vähentynyt oleellisesti siten, että mm. sillan käyttöarvo on pienentynyt ja sillan jäljellä oleva käyttöikä on lyhentynyt. Esimerkiksi Lielahden teräspalkkisillan kantavuuden väheneminen erään törmäyksen seurauksena on arvioitu 30 %:ksi. Kantavuuden menetyksen aiheuttamaa rahallista tappiota on yleensä vaikea arvioida.

Taulukkojen 9 ja 10 sisältämät arviot ja suositukset perustuvat osin luvussa 3 esitettyihin tutkimusaineistoista saatuihin tuloksiin ja osin tutkimusaineiston suppeuden vuoksi tarkoituksenmukaiseksi katsottuun asiantuntemukseen perustuvaan harkintaan. Liikennemäärän ja primääri- ja sekundääri-
vahinkojen määrän välillä ei ole selvää riippuvuutta. Sama koskee myös tieluokan ja primääri-
vahinkojen määrän välistä suhdetta. Koska valta- ja kanta-
teillä ajonopeudet ovat yleensä keskimäärin 20 km/h suurem-
mat kuin nopeudet muilla teillä, tieluokalla saattaa olla vaikutusta törmäysvoimaan ja sitä kautta vahinkoalttiuteen. Koska ajoneuvoille ja kuormille aiheutuneista vaurioista ei ole saatu vastaavia tietoja, vahinkotarkasteluissa on otettu huomioon vain siltojen korjauskustannukset.

4.23

Sekundäärivahingot

Sekundäärivahinkojen suuruus riippuu mm. ylittävän liikenne-
väylän liikenteen laadusta ja määrästä sekä alittavan väylän liikennemäärästä. Vaikka sekundäärivahinkojen määrästä ja laa-
dusta ei voidakaan esittää mitään lukuarvoja, voidaan kuitenkin pitää todennäköisenä, että

- rautatieliikenteessä vahinkoalttiisuus on kaikkein suurin erityisesti, jos radalla on henkilöliikennettä - sekundäärivahinko voi kohdata mm. ihmisiä, junaa, rautatiesiltaa, teillä liikkuvia ajoneuvoja ja ympäristöä -
- sekundäärivahinkoalttiisuus on suurempi silloin, kun ylittävä väylä on valta- tai kantatie, kuin silloin kun se on alempiluokkainen tie, koska valta- ja kantateillä liikenne on vilkkaampaa ja ajonopeudet suuremmat,

- kun alittavan tien liikennemäärä on suuri, on muiden ajoneuvojen vahinkojen ja henkilövahinkojen alttius myös suurempi,
- vahinkoalttius on sitä suurempi, mitä enemmän alitavalla tiellä on raskasta liikennettä ja
- yläpuolisen rakenteen pettämisestä johtuva sekundäärivahinkoalttius on suurin rautatiesilloilla (kiskojen siirtyminen) ja kevytrakenteisilla betoni-elementtisilloilla.

Yhteenvedo törmäysalttiudesta ja vahinkoalttiudesta eri teki-
jöiden suhteen on koottu taulukkoon 9. Siinä on ⊕ merkeillä
kuvattu alttiuden suuruusluokkaa. Yhteenvedon perusteella
on muodostettu luokittelu suojaustoimenpiteiden tarpeen
arvioimiseksi (taulukko 10).

4.3

Kustannukset

4.31

Lähtötietoihin perustuvat kustannukset

Määrätyn toimenpiteen kustannukset luonnollisesti vaihtelevat
eri tapauksissa. Käytettävissä olleen kustannustietouden poh-
jalta määriteltiin yleisiä tarkasteluja varten kuitenkin kes-
kimääräiset toteuttamiskustannukset ja käyttökustannukset
v. 1982 hintatasossa.

Siltojen suojaustoimenpiteiden keskimääräiset yksikkökustan-
nukset

Toimenpide	Tot. kust. (mk)	Käyttökust./a (mk)
Kevyt korkeuden- rajoitin	50 000,-	3 000,-
Sähköinen korkeuden- rajoitin	130 000,-	1 500,-
Törmäyspalkki	60 000,-	1 000,-
Kiertotieopastus	5 000,-	250,-

Kiertotien rakentaminen, alikulkukorkeuden lisääminen tai
siltarakenteen parantaminen ovat niin tapauskohtaisia, että
keskimääräisiä yksikkökustannuksia ei ole mielekästä esit-
tää.

Lähtöaineiston perusteella eri siltatyypin keskimääräisik-
si korjauskustannuksiksi törmäystä kohti on otettu alla esi-
tetyt kustannusluvut (vuoden 1982 hintatasossa). Suluissa
olevat prosenttiluvut tarkoittavat keskimääräisen korjaus-
kustannuksen määrää prosentteina kunkin siltatyypin uuden
sillan keskimääräisistä rakennuskustannuksista (x = tieto
puuttuu).

-	teräspalkkisillat	100 000 mk	(15 %)
-	teräsbetoni-laattasillat	20 000 mk	(11 %)
-	teräsristikkosillat	25 000 mk	(x)
-	kaari- ja langerpalkki-sillat	80 000 mk	(x)
-	jännit. betonielementtisillat	35 000 mk	(3 %)
-	teräsbetonipalkkisillat	1 000 mk	(0,1 %)
-	muut	10 000 mk	

Edellä olevat luvut perustuvat hyvin suppeaan aineistoon, joten taulukkoon 11 lasketut hyötykustannussuhteet ovat vain suuntaa antavia.

4.32 Epävarmat kustannukset

Siltoihin törmäyksissä aiheutuu yleensä vaurioita myös kuljetuksessa olevalle kuormalle. Toisinaan syntyy lisäksi vaurioita ao. ajoneuvolle, toisille ajoneuvoille tai henkilövahinkoja. Näiden vaurioitten kustannuksista ei ole saatu tietoja tie- ja vesirakennuspiirien vastauksista. Voitaneen kuitenkin pitää todennäköisenä, että jonkinlaatuisia kuormavaurioita sattuu sellaisissakin tapauksissa, jolloin ei siltaa tarvitse korjata törmäyksen johdosta. Tällaiset kustannukset eivät usein tule millään tavalla tietoisuuteen.

Vakuutusyhtiöille suoritetussa tiedustelussa, joka koski 29 onnettomuustapausta, saatiin korvaustietoja 10 onnettomuudesta, ja vain 7 tapauksessa oli kyseessä muiden vahinkojen kuin siltavahinkojen korvauksia. Näistä tiedoista ns. epävarmojen kustannusten keskiarvoksi onnettomuutta kohti saatiin 60 000 mk.

4.33 Hypoteettiset kustannukset

Kolmantena kustannuslajina voidaan eräänlaisena taustatekijänä pitää ns. hypoteettisia kustannuksia, jotka aiheutuvat sekundäärivahinkoista. Tällainen tapaus voisi olla esim. matkustajajunan tai vaarallisia aineita kuljettavan junan suistuminen kiskoilta ja alas sillalta. Tällaisten suur-onnettomuuksien todennäköisyys on melko pieni ja Suomessa niiltä on vältytty, parissa tapauksessa tosin vain hyvällä onnella. Kuitenkin ulkomailla (esim. Norjassa) on suuronnettomuuksia sattunut juuri siltaan törmäyksen seurauksena. Suuronnettomuudesta aiheutuvat hypoteettiset kustannukset voivat olla yhteensä kymmeniä miljoonia markkoja (kuolleet, loukkaantuneet, kalusto, rakenteet).

5
SILLAN SUOJAUSMENETELMIEN
EDULLISUUSVERTAILU

5.1 Kustannus - hyöty -tarkastelu

Tässä tarkastelussa kustannuksia ovat suojaustoimenpiteiden toteuttamiskustannukset ja suojauslaitteiden tai -rakenteiden käyttökustannukset (kunnossapitokustannukset). Hyötyinä pidetään niiden kustannusten poisjääntiä, jotka ilman suojaustoimenpidettä aiheutuisivat

- sillan korjauksista
- ajoneuvojen, kuormien ja henkilöitten vaurioista
- ns. hypoteettisina kustannuksina.

Sillan korjauskustannuksia selittää tutkituista muuttujista parhaiten siltatyypin. Suojaustoimenpiteiden hyötysuhteet on siten laskettu siltatyypeittäin. Suojaustoimenpiteellä saatava hyöty on laskettu siltatyypin keskimääräisen korjauskustannuksen poisjäännistä. Ns. epävarmojen kustannusten arviona on käytetty 60.000 mk/silta (ks.kohta 4.32). Tarkastelujaksona on pidetty 10 vuotta, mikä vastaa keskimääräistä suojaustoimenpiteiden kuoletusaikaa. Korkokantana on käytetty 6 %. Lähtöaineiston mukaan tapahtuu yhteen siltaan keskimäärin 1,1 törmäystä 10 vuoden aikana. Hypoteettisia kustannuksia ei ole mielekästä ottaa mukaan hyötysuhteeseen. Ne on kuitenkin aiheellista pitää mielessä eräänä taustatekijänä.

Laskentaesimerkki

Siltatyypin:	Teräspalkkisilta	
	Sillan korjauskustannukset	100 000 mk
	Ajoneuvon ja kuorman kärsimät vahingot	60 000 mk
	Muut kustannukset	
	Törmäyskerroin 1,1	
Suojaustapa:	Sähköinen korkeudenrajoitin	
	Toteutuskustannukset	130 000 mk
	Käyttökustannukset	1 500 mk/a
	Jaksollisten maksujen diskonttaustekijä	
	(10 vuotta, 6 % korko) 7,36	
Hyötysuhde:	$(1,1 \times 100\,000 + 60\,000) / (130\,000 + 7,36 \times 1\,500)$ $= 1,21$	

Hyötysuhdelaskelmien tulokset on kerätty taulukkoon 11. Törmäyspalkki ja kevyt korkeudenrajoitin ovat selvästi kannattavia toimenpiteitä

- teräspalkkisilloilla
- kaari- ja langerpalkkisilloilla

Sähköinen korkeudenrajoitin on kannattavuuden rajoilla em. siltatyypin kohdalla.

Mikäli epävarmat kustannukset (60 000 mk/silta) otetaan huomioon ovat törmäyspalkki ja kevyt korkeudenrajoitin kannattavia myös teräsbetoni-laattasiltojen, jännitettyjen betonielementtisiltojen ja teräsristikkosiltojen kohdalla. On huomattava, että hyötysuhteet on laskettu kunkin siltatyypin kohdalla vain siitä osasta siltoja, jolle on aiheutunut korjauskustannuksia. Näin ollen olisi löydettävä siltatyypin lisäksi sopivat kriteerit, joilla eniten törmäyksille ja vaurioille alttiit sillat voitaisiin löytää.

5.2 Muut vertailuperusteet

5.21 Yleistä

Rahassa mitattavien hyötysuhteiden lisäksi on aiheellista käsitellä eräitä muita yleisiä näkökohtia eri toimenpidevaihtoehtoista. Tällaisia tekijöitä ovat:

- toimintavarmuus ja varoitusteho
- liikenneturvallisuus
- sijoituspaikan sopivuus (paikallisten olosuhteiden kannalta) ja maisemanäkökohdat
- liikennemäärän vaikutus.

5.22 Toimintavarmuus ja varoitusteho

Kokemuksia kysymykseen tulevista rakenteista on toistaiseksi niin vähän, että niiden pohjalta on vaikea tehdä johtopäätöksiä. Törmäyspalkin tehokkuus on kuitenkin hyvä, koska se yleensä estää itse sillan vaurioitumisen siinäkin tapauksessa, että se ei varoituksena tehoa ajoneuvon kuljettajaan. Varoitustehoa onkin pidettävä toissijaisena tekijänä toimintavarmuuteen verrattuna.

Hausjärvellä kokeilukäytössä ollut kevyt korkeudenrajoitin on myös ehkäissyt siltaan törmäykset. Tehokkuuden arviointia vaikeuttaa kuitenkin se, että ao. tien liikennemäärä (KVL-80) on vain 600 ajon./vrk, jolloin törmäyspotentiaali on vähäinen. Laiteratkaisu on kuitenkin toimintavarma ja sen varoitustehokin lienee melko hyvä.

Koekäytössä Tampereella ollut sähköinen korkeudenrajoitin on myös estänyt törmäykset, mutta laitteistossa on esiintynyt runsaasti toimintahäiriöitä. Tässä suhteessa se vaatisi ainakin edelleen jatkokehittelyä. Laitteen laskimen lukemien mukaan vuoden 1979 loppupuolella toimintakertojen (valonsäde katkennut) määrä on ollut Tampereen puolella 30...50 kertaa/vrk ja Vaasan puolella n. 20 kertaa/vrk. Luvut tuntuvat melko suurilta ottaen huomioon, että ennen ilmaisimia tiellä on rajoitetun alikulkukorkeuden varoitusmerkit, kiertotieopastus ja kiertotien liittymä. Kyseisellä tiellä on kuitenkin ollut runsaasti vakituista kiitolinjaliikennettä, jonka kuljetusten korkeus on 3,9...4,0 m sekä Lielahden tehtaiden hakekuljetuksia.

Lielahden kokeilun perusteella varoitusmerkkien ja kiertotieopastuksen tehokkuus ilman muita toimenpiteitä näyttää melko vähäiseltä. Kiertotien olemassaolosta huolimatta on sattunut myös suuria korjauskustannuksia aiheuttaneita törmäyksiä mm. Askolassa ja Kangasalla.

5.23 Liikenneturvallisuus

Liikenneturvallisuudella tarkoitetaan tässä lähinnä toisille ajoneuvoille tai henkilöille aiheutuvien sekundääristen vahinkojen välttämistä. Tässä suhteessa kiertotieellä on vähiten riskejä. Sähköinen korkeudenrajoitin on myös riskitön, kun taas kevyellä korkeudenrajoittimella on tien yllä olevien rakenteiden vuoksi vähäisiä riskejä. Törmäyspalkki on käytännössä aiheuttanut vakavia sekundäärisiä vahinkoja, jotka kuitenkin olisivat syntyneet, vaikka törmäyspalkkia ei olisi ollutkaan, ajoneuvon törmätessä itse siltaan. Muihin suojausmenetelmiin verrattuna törmäyspalkki on kuitenkin liikenneturvallisuuden kannalta heikoin vaihtoehto.

5.24 Sijoituspaikan sopivuus ja maisemanäkökohdat

Sijoituspaikan paikallisten olosuhteiden suhteen suurimmat vaatimukset asettaa sähköinen korkeudenrajoitin. Se tulee kyseeseen lähinnä sellaisissa paikoissa, joissa sähköä on helposti saatavissa ja joissa on sosiaalinen kontrolli ilkeivallan suhteen. Lisäksi on sähköisen korkeudenrajoittimen kohdalla otettava huomioon samat vaatimukset kuin kevyen korkeudenrajoittimen sijoituksessa. Näitä ovat:

- Vähimmäisetäisyys sillasta on mitoitussopeuden mukainen pysähtymismatka
- Rajoitin on voitava nähdä vähintään pysähtymisnäkemän etäisyydellä
- Sopiva sijoitus liittymiin nähden.

Kiertotieopastuksen käytön edellytyksenä on sopiva olemassaoleva kiertotie tai mahdollisuus rakentaa sellainen kohtuullisin kustannuksin. Törmäyspalkin käytön edellytyksenä on, että sillan alusrakenne on päällysrakennetta leveämpi, ja että silta-aukko ei ole kovin leveä, sillä törmäyspalkin taloudellinen enimmäispituus on noin 25 metriä.

Maiseman kannalta sähköinen korkeudenrajoitin, törmäyspalkki ja kiertotieopastus eivät aiheuta ongelmia. Siltojen varoitusmaalaus vaikuttaa maisemaan vähän, koska sen tarkoitus on juuri herättää huomiota.

Huonommin maisemaan sopeutuu kevyt korkeudenrajoitin. Parannettu ratkaisumalli voisi olla sellainen, jossa rajoitin ulottuisi vain niiden ajokaistojen päälle, joilla ajavaa liikennettä sen tulee varoittaa. Tällöin myös informaatioarvo kasvaisi. Kannatinrakenne olisi samantapainen kuin ulokeportaalissa mutta ehkä kevyempi. Dynaamiset kuormitukset aiheuttaisivat kuitenkin siinä määrin ongelmia tällaisen rakenteen konstruointiin, ettei sitä ilmeisesti pystytä kohtuullisin kustannuksin toteuttamaan.

5.25 Liikennemäärä

Korkeat ajoneuvot eivät fyysisesti kosketa ohiajaessaan sähköiseen korkeudenrajoittimeen. Tästä syystä rajoittimen kestävyys ei ole riippuvainen tien liikennemäärästä. Näitä kosketuksia sen sijaan syntyy kevyeen korkeudenrajoittimeen ja varsinkin törmäyspalkkiin, ja määrätyn kosketusmäärän jälkeen rakenteet ovat kuluneet käytökelvottomiksi ja ne joudutaan uusimaan. On peräti todennäköistä, että mitä suurempi on tien liikennemäärä, sitä enemmän tapahtuu kosketuksia.

5.3 Yhteenvedo

Taulukossa 12 on esitetty sillan suojausmenetelmien keskinäinen edullisuus edellä kohdissa 5.1 ja 5.2 tarkasteltujen teki-
jöitten suhteen. Edellisen tarkastelun perusteella voidaan eri suojausmenetelmien yleisistä ominaisuuksista lausua tiviistetyt seuraavaa:

Kiertotieopastus on yleensä vain osittaisratkaisu, ja on hyvin vaikeaa arvioida sille hyötysuhdetta. Vielä enemmän tällaisia toimenpiteitä ovat esim. siltojen varoitusmaalaus tai alikulkukorkeuden lisääminen, joita ei ole sisällytetty taulukkoon 12 ollenkaan. Sähköisellä korkeudenrajoittimella on tiettyjä etuja puolellaan mutta myös rajoituksia. Se on taloudellisesti kannattava vain harvoissa tapauksissa. Törmäyspalkin etuja ovat mm. tehokkuus ja taloudellisuus, mutta liikenneturvallisuuden kannalta se ei ole paras mahdollinen. Kevyt korkeudenrajoitin on ominaisuuksiltaan keskitasoa.

Lähtötiedoista käy ilmi, että siltoihin törmäykset ja niissä syntyvät vauriot johtuvat pääasiassa luvattomista kuljetuksista. Suojauksen päätehtävä on siis suojella rakenteita sekä muita liikennevälineitä ja henkilöitä törmäyksen seurauksilta. Tällöin esim. törmäyspalkin käyttö tietyissä tapauksissa sillan suojaamiseksi ja katastrofin torjumiseksi on perusteltavissa.

6 SUOSITUKSET

6.1 Sillan suojauksen toteuttaminen ja suojausmenetelmän valinta

6.11 Suojaustarpeen määrittäminen

Suojaustoimenpiteitä olisi yleensä lähemmin tarkasteltava sellaisen sillan kohdalla, joka sijoittuu taulukossa 10 ainakin kahden tekijän kohdalla vähintään suojausluokkaan III. Edelliset kriteerit täyttävän sillan suojauksen tärkeysluokka kokonaisuutena voidaan arvioida käyttäen taulukon 10 kehikkoa apuna. Paikalliset olosuhteet vaihtelevat kuitenkin paljon, ja ne on syytä aina ottaa huomioon.

Ennen suojaustoimenpiteen valinnan tutkimista on selvitettävä tapahtuuko ao. sillan kohdalla muista syistä muutoksia. Siten on tarkistettava seuraavat ratkaisumahdollisuudet:

- 1) Sillan uusiminen on ohjelmassa.
- 2) Päällysrakenteen vahvistaminen törmäyksiä paremmin kestäväksi tai uusiminen on mahdollinen ja tarpeellinen.
- 3) Alikulkukorkeuden riittävä lisääminen on mahdollinen ja tarpeellinen.

Jos mikään mainituista kolmesta toimenpiteestä ei tule kysymykseen, on harkittava varsinaisia sillan suojaustoimenpiteitä.

6.12 Suojaustoimenpiteen valinta

Törmäyksille altteimpien siltatyypin suojausmenetelmän valintaperiaatteet on esitetty taulukossa 13. Muita kuin taulukossa mainittuja siltatyyppejä suojataan vain, kun paikalliset olosuhteet edellyttävät sitä. Varsinkin viime mainituissa tapauksissa tehdään suojaustarpeesta ja käytettävästä suojaustoimenpiteestä erityinen selvitys kustannus - hyöty -tarkasteluineen.

Yleensä sillan suojaamiseen käytetään vain yhtä menetelmää. Opastettu kiertotie tulee kyseeseen myös varsinaisen suojaustoimenpiteen täydennyksenä, jos sillan todellinen alikulkukorkeus on alle 4,6 m, paikalliset olosuhteet edellyttävät sitä ja kiertotie voidaan järjestää kohtuullisin kustannuksin.

Pääasiallinen suojausmenetelmä tie- ja katusilloissa on kevyt korkeudenrajoitin. Törmäyspalkki tulee kyseeseen teräspalkkisilltojen suojauksessa, ja myös jännitetyn betonielementtisillan suojaustoimenpiteenä on suositeltavaa käyttää törmäyspalkkia, silloin kuin se on teknisesti ja taloudellisesti mahdollista. Sähköinen korkeudenrajoitin saattaa poikkeuksellisesti tulla kyseeseen, kun tien liikennemäärä on yli 9000 ajon./vrk.

Koska alikulkukorkeudeltaan alle 5,0 metriä korkeita tie- ja katusilloja on yleisillä teillä 300 kpl, siltojen suojaustarve ja osin suojausmenetelmäkin joudutaan määrittelemään silta silta-erikseen. Näihin siltoihin kuuluu yhteensä 38 teräspalkkisiltaa, kaari- ja langerpalkkisiltaa, jännitettyä betonielementtisiltaa ja teräsristikkosiltaa, ja ellei niillä ole todella edullista sijaintia, ne on aiheellista suojata. Muut sillat suojataan vain, jos ne ovat osoittautuneet erityisen altteiksi törmäyksille.

Mikäli tie- ja katusilloista kaikki alikulkukorkeudeltaan alle 5,0 m:n teräspalkkisillat, kaari- ja langerpalkkisillat, jännitetyt betonielementtisillat sekä teräsristikkosillat suojattaisiin törmäyspalkeilla tai kevyillä korkeudenrajoittimilla, se maksaisi noin 1,8 milj.mk. Teräsbetonipalkkisiltojen, teräsbetonilaattasiltojen ja rautatiesiltojen suojauskustannuksia ei ole arvioitu. Pelkkä kiertotieopastus kaikille todelliselta alikulkukorkeudeltaan alle 4,6 m:n tie- ja katusilloille maksaisi arviolta noin 0,6 milj.mk.

Rautatiesilloista suojauksen tarpeessa ovat lähinnä teräspalkkisillat ja alikulkukorkeudeltaan matalat teräsbetonipalkkisillat. Suojaamatta voidaan harkinnan mukaan jättää esim. vähäliikenteisten ratojen siltoja. Suojausmenetelmän valinnassa käytetään myös rautatiesiltojen kohdalla taulukkoa 13. Rautatiesilloista myös eräät kiviholvisillat saattavat olla suojauksen tarpeessa. Suojaukseen voidaan tällöin käyttää kevyttä korkeudenrajoitinta ja varoitusmaalauksia yhdessä tai vain jompaa-kumpaa menetelmää yksin.

6.2

Muut suositukset

Tämän ja aikaisempien selvitysten perusteella suositellaan lisäksi seuraavia yleisluonteisia toimenpiteitä:

- 1) Siltakohtaiset kustannus - hyöty -tarkastelut ovat usein aiheellisia varsinkin, jos suojaustoimenpide ja sen kustannukset poikkeavat normaalista tyyppiratkaisusta ja keskimääräisistä kustannuksista tai jos toimenpiteellä saatavista hyödyistä (korjauskustannusten säästö) voidaan tehdä siltakohtaisia arvioita.
- 2) Kiinteiden esteiden merkintää koskevissa ohjeissa tulisi ottaa huomioon, että törmäyksille alttiista silloista olisi varoitettava 5,0 m todelliseen alikulkukorkeuteen asti vähintään itse siltaan kiinnitettävällä "vapaa korkeus" merkillä ja mahdollisesti vielä vastaavalla etumerkillä. Niissä tapauksissa, joissa on järjestetty kiertotieopastus, etumerkkiä ei tarvita. Olisi tutkittava myös voidaanko etumerkki kiinnittää kevyeen korkeudenrajoittimeen, jolloin autoilijoille samalla selviäisi myös korkeudenrajoittimen tarkoitus.

- 3) Jos sähköistä korkeudenrajoitinta pidetään toimenpidevaihtoehtona, olisi laitetta edelleen kehitettävä tai tutkittava mahdollisten ulkomaisten vastaavien laitteiden soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin.
- 4) Törmäyksille alttiiden siltojen varoitusmaalausta olisi tutkittava ja kokeiltava. Tällöin päähuomio tulisi kiinnittää maalauksen varoitustehoon pimeänä aikana. Teräsbetonisiltoja ei tulisi maalata kokonaan, vaan osoittaa vain rajoitettu alikulkukorkeus.
- 5) Ylikorkeita kuljetuksia suorittavissa kuljetusliikkeissä olisi aikaisempaa paremmin huolehdittava kuljetuksen todellisen korkeuden ja oikean reitin saattamisesta ajoneuvon kuljettajan tietoon.
- 6) Ylikorkeiden kuljetusten valvontamenetelmiä olisi edelleen kehitettävä.
- 7) Kuljetusten suorittajia olisi informoitava ajoittain esim. kampanjan muodossa (alan lehdet, radio, televisio) törmäyksille alttiista silloista ja sattuneista onnettomuustapauksista sekä katastrofivaarasta.
- 8) Kun silta suojataan korkeudenrajoittimella, tulisi vilkkaasti liikennöidyillä tieosuuksilla varata korkeudenrajoittimen ja sillan väliin korkealle ajoneuvolle mahdollisuus pysähtyä ajoradan sivuun (esim. ajoradan levennys tai leveä piennar) ja mahdollisuus kääntyä helposti takaisinpäin.

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1	Yhteenveto törmäysonnettomuuksista
Taulukko 2	Törmäykset ja siltojen korjauskustannukset vuosittain
Taulukko 3	Siltavahingot alikulkukorkeuden mukaan (myös kuvio)
Taulukko 4	Siltavahingot liikennemäärän mukaan
Taulukko 5	Siltavahingot siltatyypin mukaan
Taulukko 6	Siltavahingot yläpuolisen rakenteen tai väylän mukaan
Taulukko 7	Siltavahingot tieluokan mukaan
Taulukko 8	Suurimmat siltavahingot
Taulukko 9	Törmäys- ja vahinkoalttius
Taulukko 10	Siltojen suojauksen tarpeen arviointi
Taulukko 11	Suojaustoimenpiteiden hyötysuhteet siltatyypeittäin
Taulukko 12	Suojaustoimenpiteiden edullisuus
Taulukko 13	Suojausmenetelmien käyttökelpoisuus eri siltatyypeillä
Taulukko 14	Alikulkua rajoittavien tie- ja katusiltojen lukumäärät alikulkukorkeuden mukaan

LIITELUETTELO

Liite 1	Törmäysonnettomuudet onnettomuusrekisterin perusteella
Liite 2	Vakuutusyhtiöiden törmäysonnettomuuksissa maksamia korvauksia
Liite 3	Silloille törmäyksistä aiheutuneet vahingot silloittain tie- ja vesirakennuspiirien ilmoitusten mukaan
Liite 4	Toteutetut siltojen suojaustoimenpiteet ja tie- ja vesirakennuspiirien kokemukset niistä

TAULUKKO 1

Selitys + = Kyllä - = Ei
x = Ei tietoja

YHTEENVETO SILTATÖRMÄYSTEN ONNETTOMUUSTIEDOISTA

	Onnettomuustietojen numero liitteessä 1																													Yht.t. K-arvo
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
Piiri	V	U	KY	T	V	KU	T	U	H	T	H	H	H	T	V	T	H	KS	H	H	KU	M	KY	O	PK	KS	T	KY	U	
Silta vaurioitunut	-	(+)	+	+	+	-	+	(+)	+	+	+	+	+	+	(+)	+	+	(+)	+	+	+	+	+	+	+	(+)	-	-	+	25
Kuljetus vaurioitunut	+	+	(+)	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	27
Henkilövahinkoja	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	7
Alkoholilla osuutta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Rautatiesilta	+	-	+	+	-	-	x	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	16
Kev.liikenteen silta	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Kuorma ≤4,0 m	+														+	+														3
Kuorma 4,1-4,6 m					+					+			+				+	+		+	+	+					+			9
Kuorma >4,6 m						+	+	+	+		+	+								+				+	+				+	10
Silta ≤4,0 m (sallit- tu h)	+		+	+						+			+		+	+	+			+	+	+	+					+		9
Silta 4,1-4,6 m "		+			+	+		+	+		+	+		+				+	+					+	+	+	+		+	13
Silta >4,6 m "								+																						2
Kuorma-sallittu h (cm)	50	x	x	x	x	48	35	25	55	50	41	65	30	x	40	44	x	25	16	34	x	x	x	45	52	x	30	x	x	40 cm
Luvaton kuljetus		+	x			-	+	-	+	+	+	+	+		-			(+)	+	+	(+)	+		x	+			x		13
Lupaehtojen vastainen						-		+									+							x			+			3
Outo ajoneuvo			+									+				+														3
Ei tullut ajatelleeksi	+		+				+	+		+	+					+		+	+		+			+	+					12
Ei mitannut kuorman korkeutta	+						+		+	+						+	+	+	x	+	+	+		+	+					12
Ei huom.varoit.merkkiä															+															1
Huomasi var.merkin																	+			+		+					+			4
Uusi silta											+								+		+									3
Kuormaa tilap.korotettu	+		(+)					(+)	+	+				(+)				+			+	(+)	(+)			+		(+)		12
Silta- tai tietyö				+						+											+			+						4

Taulukko 2

Törmäykset ja siltojen korjauskustannukset vuosittain

Siltoihin sattuneet törmäykset, joiden tapahtumavuosi on tiedossa, jakaantuvat lukumääriltään ja korjauskustannuksiltaan seuraavasti:

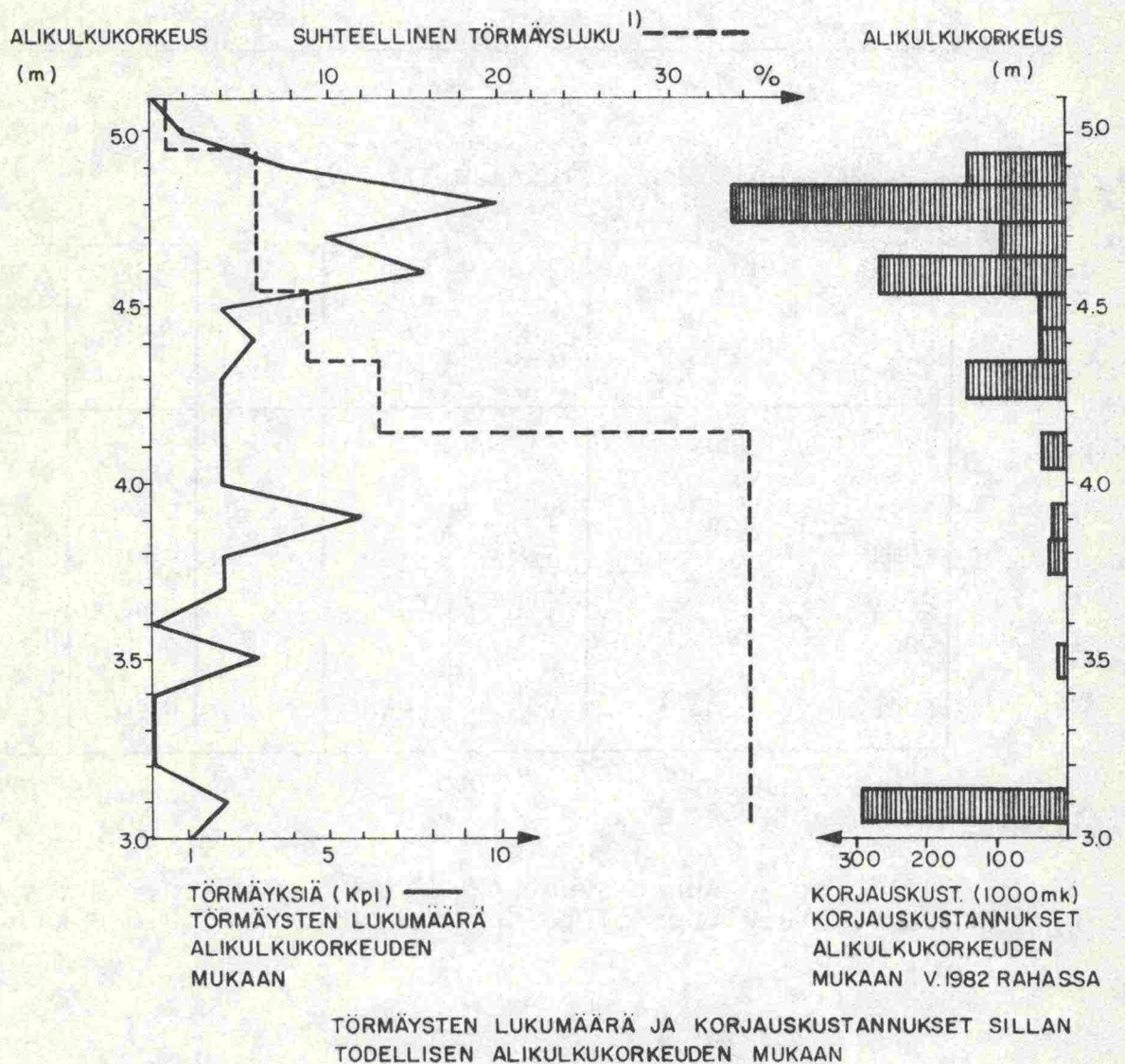
Vuosi	Törmäyksiä (kpl)	Korjauskust. (mk)	Korjauskust./ törmäys (mk)	V. 1982 rahassa	
				Korj.kust. (mk)	Korj.kust./ törmäys (mk)
-1974	7 (2)	3700	1800	11100	5500
1975	4 (4)	263100	65800	486700	121700
1976	2 (2)	110000	55000	184800	92400
1977	4 (3)	24800	8300	37700	12600
1978	2 (1)	60000	60000	87000	87000
1979	2 (2)	234200	117100	309200	154600
1980	10 (8)	268100	33500	311000	38900
1981	7 (6)	36000	6000	37800	6300
1982	2 (2)	7600	3800	3800	3800
	40 (30)	1007500	33600	1469100	49000

Törmäysten lukumäärissä ovat taulukossa mukana myös ne tapaukset, joista ei ole aiheutunut korjauskustannuksia tai korjauskustannukset eivät ole tiedossa. Keskiarvoja laskettaessa nämä tapaukset eivät kuitenkaan ole mukana. Suluissa on esitetty niitten törmäysten lukumäärä, joista korjauskustannukset muodostuvat.

Siltavahingot alikulkukorkeuden mukaan

Alikulku- korkeus, todellinen (m)	Siltoja yht. (kpl)	Korj.kust. siltaa kohti (mk) (1982 ra- hassa) x)	Vaurioit. siltoja (kpl)	Suhde- luku	Korjattu- ja silto- ja (kpl)	Suhde- luku
$\geq 5,2$	152	0	0	0,0	0	0
5,0 - 5,1	87	40	1	0,01	1	0,01
4,8 - 4,9	171	3380	11	0,06	11	0,06
4,6 - 4,7	210	1600	12	0,06	7	0,03
4,4 - 4,5	70	790	6	0,09	5	0,07
4,2 - 4,3	23	6000	3	0,13	2	0,09
$\leq 4,1$	56	6570	19	0,34	16	0,29
Kaikki yhteensä	769	1920	52	0,07	42	0,05

x) korjauskustannusten summa jaettuna alikulkukorkeusryhmän siltojen kokonaislukumäärällä



1) Suhteellinen törmäysluku = törmäysten kohteeksi joutuneiden siltojen määrä prosentteina ao. ryhmään kuuluvien alikulkusiltojen kokonaismäärästä yleisillä teillä

Taulukko 4
Siltavahingot liikennemäärän mukaan

Törmäysten lukumäärä ja korjauskustannukset (v. 1982 rahassa) alittavan tien liikennemäärän mukaan:

Liikenne- määrä (KVL-80)	Törmäyk- siä (kpl)	Törmäyksiä, joista ai- heut. korj. kust. (kpl)	Korjaus- kust. yht. (mk)	Korjaus- kust./kor- jattu silta (mk)
< 300	6	1	25 400	25 400
300 - 500	3	1	21 400	21 400
500 - 1000	12	6	482 500	80 400
1000 - 1500	2	2	184 700	92 300
1500 - 3000	7	5	173 500	34 700
3000 - 6000	11	8	304 000	38 000
6000 - 9000	9	6	49 700	8 300
> 9000	6	1	236 600	236 600
Yhteensä	56	30	1 477 800	49 300

Törmäykset ja korjauskustannukset (v. 1982 rahassa) suhteessa siltojen kokonaislukumääriin

Liikennemääräluokka	Silto- ja yht. (kpl)	Korj. kust. siltaa kohti (mk)	Vauri- oit. sillat (kpl)	Suhde- luku	Korjatt. siltoja (kpl)	Suhde- luku
KVL 81/KVL 80 ¹⁾						
0 - 1500	191	3700	21	0,11	18	0,09
1501 - 3000	118	1500	7	0,06	6	0,05
3001 - 6000	119	2600	9	0,08	8	0,07
6001 - 9000	119	400	8	0,07	7	0,06
9001 -	222	1100	6	0,03	2	0,01
Kaikki yhteensä	769	1900	51	0,07	41	0,05

- 1) Siltojen kokonaislukumäärät KVL-81:n mukaan, törmäyksissä vaurioituneitten siltojen lukumäärät KVL-80:n mukaan.

Taulukko 5
Siltavahingot siltatyypin mukaan

Siltatyyppi	Siltoja yht. (kpl)	Korjattu- ja silto- ja (kpl)	Suhde- luku	Korjaus- kust. yht. 1) (mk)	Korjaus- kust./ törmäys (mk) 1)	Korjaus- kust. sil- taa kohti (mk) 1)
Teräspalkki	56	11	0,20	642 300	107 000	11 500 ²⁾
Teräsbet.laatta	545	14	0,03	231 100	21 000	420 ²⁾
Teräsristikko	45	8	0,18	86 900	22 000	1 900
Kaari- ja lan- gerpalkki	16	6	0,37	401 100	80 000	25 100
Jännit.bet. elementti	6	1	0,17	108 500	36 000	18 100 ²⁾
Teräsbet.palkki	85	1	0,01	1 300	1 000	15 ²⁾
Muut	16	1	0,06	8 700	9 000	500
Yhteensä	769	42	0,05	1 479 900	48 000	1 900

Arvio yleisillä teillä olevien alikulkusiltojen kokonaislukumääristä siltatyypeittäin

Siltatyyppi	Risteys- sillat	Ylärakenne rajoittava	Rautatie- sillat	Yhteensä
Teräspalkki	10		46	57
Teräsbet.laatta	398		147 ²⁾	545
Teräsristikko		35	10	45
Kaari- ja langer- palkki		16		16
Jännit.bet. elementti	6			6
Teräsbet.palkki	48		37 ²⁾	85
Muut	6		10	16
Yhteensä	468	51	250	769

1) Vuoden 1982 rahanarvon mukaan.

2) Teräsbetonisten rautatiesiltojen jakaumasta ei ole saatu tietoja. Taulukot on laskettu arvioimalla teräsbetonilaatta-siltojen osuudeksi 80 % ja teräsbetonipalkkisiltojen osuudeksi 20 %. Jos jakautuma olisi 50 %/50 %, korj. kustannukset siltaa kohti olisivat teräsbetonilaattasilloilla 480 mk ja teräsbetonipalkkisilloilla 9 mk.

Taulukko 6
Siltavahingot yläpuolisen rakenteen tai väylän mukaan

Yläpuolinen väylä tai rakenne	Korjauskustannukset yht. (mk) v. 1982 rahassa	Korjauskust./ törmäys (mk) v. 1982 rahassa
Rautatie	543 000	68 000
Valtatie	37 000	9 000
Kantatie	-	-
Maantie	355 000	59 000
Paikallistie	164 000	164 000
Katu	8 000	8 000
Siltaristikko	87 000	22 000
Sillan poikkipalkki	275 000	55 000

Taulukko 7
Siltavahingot tieluokan mukaan































Tieluokka	Siltoja (kpl)	Törmäyksiä (kpl)	Törmäyksiä/ siltoja	Korjauskust. yht. (mk) v. 1982 ra- hassa	Korjauskust./ törmäys (mk) v. 1982 ra- hassa
Valtatie	250	22	0.088	582 000	39 000
Kantatie	67	5	0.075	322 000	107 000
Maantie	99	18	0.182	235 000	26 000
Paikallis- tie	353	10	0.028	338 000	113 000
Katu	..	1	.	2 000	2 000
Yhteensä	769	55	0.072	1479 000	27 000

Taulukko 8
Suurimmat siltavahingot

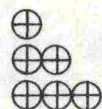
Kunta	Tie- luokka	Silta- tyyppi	Ylittävä tie	Alikulku- korkeus (m)	Korjaus- kustann. (mk)	Suojaus- toimenpide suoritettu 1)
Parkano	PT	teräspalkki	RT	3,15	218 000	J
Hyvinkää	VT	teräspalkki	MT	4,62	204 000	J
Äänekoski	VT	teräsbet. kaari	-	4,80	93 000	J
Askola	KT	teräsbet. laatta	PT	4,80	88 500	E
Kontiolahti	KT	teräsbet. kaari	RT	4,35	73 100	J
Kangasala	VT	jännit.bet. elem.	MT	4,8	66 800	S
Heinävesi	MT	teräs.palkki	RT	4,7	60 000	-
Suomussalmi	MT	langerpalkki	-	4,87	50 000	-
Oulu	PT	ter.ristikko	-	4,10	21 800	-
Turku	KT	jatkuva te- räsb.laatta	VT	4,50	20 000	-
Parkano	VT	teräspalkki	RT	4,36	20 000	E
Ranua	PT	ter.ristikko	-	3,8	16 700	-
Laukaa	MT	ter.ristikko	-	4,89	16 200	-

- 1) Suojaustoimenpide ennen vaurioita = E
 " korjausten jälkeen = J
 " suunniteltu = S

Taulukko 9
Törmäysalttius ja vahinkoalttius, yhteenveto

	Törmäys- alttius	Vahinkoalttius	
		Primääri- vahingot	Sekundääri- vahingot
<u>Todellinen ali- kulkukorkeus</u> 4,6 - 5,0 m 4,0 - 4,5 m < 4,0 m	  		
<u>Siltatyyppejä</u> - teräspalkki - teräsbet.laatta - teräsristikko - kaari- ja langer- palkki - jänn.bet.ele- mentti - teräsbet.palkki - muut		       	      
<u>Ylittävä rakenne</u> - sillan oma ylärakenne - rautatie - valta- tai kantatie - muu tie tai katu			   
<u>Tien liikennemäärä (KVL)</u> < 500 500 - 1000 1000 - 3000 3000 - 6000 6000 - 9000 > 9000			     
<u>Paikalliset olo- suhteet esim.</u> - ensimmäinen matala silta ulosmeno- tiellä - uusi silta	 		

Selitys:



vähäinen alttius
keskinkertainen alttius
suuri alttius

Taulukko 10. Siltojen suojauksen tarpeen arviointi

Suojauksen tärkeysluokka	Alikulkukorkeus (m) (todellinen)	Siltatyyppe	Yläpuolinen väylä t. rakenne	Liikenne- määrä (KVL)	Paikalliset olosuhteet
I		Teräspalkki	Rautatie		Siltaan on törmätty
II	Alle 4,0 4,6-5,0 1)	Jännit.bet.ele- mentti Kaari- ja lan- gerpalkki Teräsristikko		> 9000	Ensimmäinen matala silta ulosmenoväylällä Ylikorkeiden kuljetus- ten reitti.
III	4,1-4,5	Teräsbet.palkki	Valtatie Kantatie Sillan oma ylärakenne	1000-9000	Uusi silta Kaupungin läpikulku- kutie tai ulosmeno- väylä
IV	Yli 5,0	Teräsbet.laatta Muut	Maantie Paikallistie Yksityistie Katu	<1000	

Sillan suojaustarpeen harkinta on aiheellista silloin, kun silta sijoittuu ainakin kahden tekijän kohdalla vähintään luokkaan III. Tällöin sillan suojauksen tärkeysluokka kokonaisuutena voidaan arvioida käyttäen taulukon kehikkoa apuna.

- 1) Jos luvattomille erikoiskuljetuksille ei voida tehdä mitään eikä ko. siltojen korkeutta ilmoiteta liikennemerkillä, on suojaustarve tämän korkeusluokan silloille olemassa.

Taulukko 11
Suojaustoimenpiteiden hyötysuhteet siltatyypeittäin

Siltatyyppi	Hyötysuhteet					
	Törmäyspalkki Epävarmat kustannukset		Kevyt korkeudenrajoitin Epävarmat kustannukset		Sähk. korkeudenrajoitin Epävarmat kustannukset	
	0	60 000 mk	0	60 000 mk	0	60 000 mk
Teräspalkki	1,63	2,52	1,53	2,36	0,78	1,21
Teräsbet.laatta	0,33	1,22	0,31	1,14	0,16	0,58
Teräsristikko	0,41	1,30	0,38	1,30	0,19	0,62
Kaari- ja langerpalkki	1,31	2,20	1,22	2,05	0,62	1,05
Jännit.betoni- elementti	0,57	1,46	0,53	1,37	0,27	0,70
Teräsbetoni- palkki	0,01	0,91	0,01	0,85	0,01	0,43
Muut	0,16	1,05	0,15	0,98	0,08	0,50

Taulukko 12
Suojaustoimenpiteiden edullisuus

	Kiertotie- opastus	Törmäys- palkki	Kevyt kor- keuden rajoitin	Sähköinen korkeuden rajoitin
Hyötysuhde		⊕⊕⊕	⊕⊕⊕	⊕
Toimintavarmuus	⊕	⊕⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕
Varoitusteho	⊕	⊕	⊕⊕⊕	⊕⊕
Liikenneturval- lisuus	⊕⊕⊕	⊕	⊕⊕	⊕⊕⊕
Maisemanäkö- kohdat	⊕⊕⊕	⊕⊕⊕	⊕	⊕⊕⊕
Liikennemäärä	⊕	⊕	⊕	⊕⊕

Selitys: ⊕ Välttävä tai huono
 ⊕⊕ Tyydyttävä
 ⊕⊕⊕ Hyvä

Suojausmenetelmien käyttökelpoisuus eri siltatyypeillä

Suojaus- menetelmä \ Siltatyyppi	Teräspalkki	Teräsbetoni- laatta	Teräs- ristikko	Kaari- ja langerpalkki	Jännit. betoni- elementti	Teräsbetonipalkki
Törmäyspalkki	Yleensä, jos $h < 5,0$	Ei sovellu ²⁾	Ei sovellu ²⁾	Ei sovellu ²⁾	Eräissä tapauk- sissa, jos on teknistaloud. mahdoll. ja $h < 5,0$	Ei sovellu ²⁾
Kevyt korkeudenrajoitin	$h < 5,0$ jos törmäys- palkki ei sovellu ²⁾ KVL ≤ 9000	$h < 5,0$ erityisen riskialttiit paikalliset olosuhteet	Yleensä, jos $h < 5,0$	Yleensä, jos $h < 5,0$	Yleensä, jos $h < 5,0$, törmäys- palkki ei so- vellu ²⁾ KVL ≤ 9000	$h < 5,0$ erityisen riski- alttiit paikal- liset olosuhteet
Sähköinen korkeudenrajoitin	$h < 5,0$ jos törmäys- palkki ei sovellu ²⁾ KVL > 9000	Ei yleensä	Ei yleen- sä	Poikkeustap., jos $h < 5,0$ ja KVL > 9000	$h < 5,0$ jos törmäyspalk- ki ei sovellu ²⁾ KVL > 9000	Ei yleensä
Opastettu kiertotie (myös lisätoimen- piteenä) 1)	$h < 4,6$	$h < 4,6$	$h < 4,6$	$h < 4,6$	$h < 4,6$	$h < 4,6$

SELITYKSIÄ:

h = todellinen alikulkukorkeus (m)

KVL = vuoden keskimääräinen liikenne ajon./vrk.

1) Kriteerien lisäksi edellytyksenä, että kiertotie on kohtuullisin kustannuksin järjestettävissä

2) Törmäyspalkki on kustannuksiltaan kallis tai teknisesti vaikea toteuttaa

Yleisimmin kysymykseen tuleva
suojausmenetelmä

Taulukko 14

Alikulkua rajoittavien tie- ja katusiltojen lukumäärät sillan todellisen alikulkukorkeuden mukaan

Siltatyyppi	Siltoja (kpl)			Kok.lukumäärä
	< 4,6 m	< 5,0 m	≥ 5,0 m	
Teräspalkkisillat	1	6	4	10
Teräsbet.laattasillat	99	243	155	398
Teräsristikkosillat	16	23	12	35
Kaari- ja langerpalkkisillat	3	6	10	16
Jännit.betonielementtisillat	1	3	3	6
Teräsbet.palkkisillat	4	19	29	48
Yhteensä	124	300	213	513

1. Lapua, Patruunatehtaan rautatiesilta, 6.11.1967
 - paikallistie Lapuan keskusta - Ränkimäki
 - kuormana olleet öljysäiliöt ja silta vaurioituivat, lieviä henkilövahinkoja
 - sillan sallittu alikulkukorkeus 3,0 m, kuorman korkeus 3,5 m
 - ei huomannut ajoissa varoitusmerkkiä.
2. Espoo, Karakallion jalankulkusilta. 7.10.1969
 - VT 1
 - k-auton hydraulisen nosturin puomi oli vioittunut ja jäänyt ylös ottaen kiinni jalankulkusiltaan
 - kuorma-auto ja nosturi vaurioituivat silta vääntyi hieman
 - lieviä henkilövahinkoja
 - k-auton taakse pysähtyneen henkilöauton perään ajoi toinen henkilöauto, jolloin autot vaurioituivat
 - sillan sallittu alikulkukorkeus 4,4 m.
3. Joutseno, rautatiesilta, 7.9.1970
 - MT 3933
 - kuorma-auton umpikori törmäsi siltaan, rataiskot siirtyivät, auton koriin kolhuja yleensä kuljettaja ajanut erilaisilla autoilla
 - ei korkeustietoja.
4. Pori, Pori-Haapamäki radan alikulkusilta, 18.1.1972
 - Kullaantie
 - kuorma-auton pystyyn noussut lava iskeytyi alikäytävän kannatinpalkkiin
 - silta ja ajoneuvo vaurioituivat, kiskoitus nousi ylös
 - kuljettaja loukkaantui lievästi
 - ei korkeustietoja.
5. Lapua, Ritamäen siltatyömaa, 16.3.1972
 - KT 67/VT 16
 - rakenteilla oleva silta, sallittu alikulku-
korkeus 4,1 m mitattu korkeus 4,35 m
 - tukkikuorma ja nosturi, joka otti kiinni sillan kannatinpalkkiin
 - nosturi rikkoontui, silta vaurioitui.

6. Siilinjärvi, Vuorelan alikulkusilta, 11.12.1972

- VT 5
- kuormana ollut maitosäiliö tarttui kiinni siltaan, säiliö vaurioitui
- erikoiskuljetuslupa 5,0 m korkealle kuljetukselle kuorman korkeus 4,84 m, sillan korkeustieto puuttuu pöytäkirjoista
- sillan alikulkukorkeus 4,56 m, kierto-mahdollisuus ramppien kautta.

7. Ulvila, Friitalan silta 15.12.1972

- VT 2
- sillan todellinen alikulkukorkeus 5,45 m, kuorman korkeus 5,6 m
- silta ja kuormana ollut kuljetinkäytävä vaurioituivat
- ei varoitettavia liikennemerkkejä
- kuljetukselle ei ollut mitään lupaa
- kuljetuksen antaja ja kuljetusliike katsoivat kumpikin toisen velvollisuudeksi lupien hankinnan.

8. Helsinki, Jakomäen kävelysilta, 4.12.1973

- Lahden moottoritie
- perävaunun elementtikuorma tarttui kävelysiltaan ja elementit putosivat tielle ja vaurioituivat, siltaan tuli pieni murtuma ja perävaunu vaurioitui
- sillan todellinen alikulkukorkeus 4,70 m, kuorman korkeus 4,75 m
- kuljetus erikoiskuljetuslupaan sisälty-mättömällä reitillä
- samoja elementtejä aikaisemmin kuljetettu ko. reittiä.

9. Nokia, Pitkäniemen silta, 27.10.1975

- Nokia-Tampere moottoritie (KT 41)
- kuorma-auton lavalla hiekkasiilo, joka törmäsi siltaan, jolloin siilo ja kompres-sori putosivat tielle
- siilo, kompressor, perävaunu, silta ja tien pinta vaurioituivat
- ei erikoiskuljetuslupaa
- sillan korjauskust. 3017 mk
- sillan mitattu korkeus 4,70 m, kuljetuksen korkeus 4,9 m.

10. Turku, Naantalintien väliaikainen jalankulkusilta, 28.10.1975
- VT 8
 - halkokuorman (h = 3,9 m) päällä oli nosturi, jolloin kuljetuksen kokonaiskorkeus 4,5 m, sillan suurin sallittu korkeus 4,0 m
 - nosturin kauha tarttui siltarakenteisiin ja silta putosi alas.
11. Kangasala, Rääkkölän silta, 13.11.1975
- Vt 12/Mt 310
 - kaivinkone kuormana, korkeus 4,95 m (sillan mitattu korkeus 4,83)
 - kaivinkone vaurioitunut
 - silta vaurioitunut pahoin
 - laitton kuljetus (ei noudattanut lupaehtoja?)
 - korjauskustannukset yli 50.000 mk
 - puomi nostettu takaisin ylös Tampereen jälkeen, koska matalia siltoja ei pitänyt olla; oli kuitenkin avattu uusi tieosuus, jolla 4,8 m alikulkukorkeus sillalla; koska alikulku näinkin korkea, ei ollut varoitusmerkkiä etukäteen.
12. Nokia, Pitkäniemen silta 25.5.1976
- KT 41, moottoritien silta
 - perävaunun lavalla ollut monitoimikone ja silta vaurioituivat
 - sillan mitattu korkeus 4,70 m, puomiston ylin kohta 4,9-5,0 m korkeudella
 - ei erikoiskuljetuslupaa
 - vastaava kone oli ennen mahtunut siltojen alta.
13. Tampere, Lielahden rautatiesilta, 16.8.1977
- VT 3
 - sillan sallittu alikulkukorkeus 3,8 m; k-auton lavalla olleen kontin korkeus 4,1 m
 - kontti ja silta vaurioituivat
 - kontti mahtui sillan alta menomatkalla, mutta ei takaisintulomatkalla
 - k-autoa kuljettanut tilapäisesti henkilö, jolla ei ollut raskaan ajoneuvoyhdistelmän kuljettamiseen oikeuttavaa ajokorttia (ABCE), kuljettaja havaitsi törmäysvaaran niin myöhään, että hänen arvionsa mukaan vieressä istunut matkustaja olisi loukkaantunut äkkijarrutuksen vuoksi, jolloin kuljettaja yritti väistöliikkeen avulla pehmentää törmäyksen vaikutusta
 - kontin katto repesi.

14. Kankaanpää, Parkano-Pori rautatien alikulkusilta, 1.12.1977

- Mt 258
- kuorma-auton lava oli noussut ajon aikana pystyyn ja kiillautui rautatiesillan ja tienpinnan väliin
- auto vaurioitui ja myös siltaan tuli vähäisiä vaurioita
- ei korkeustietoja.

15. Lapua, Kauppakadun rautatiesilta 27.1.1978

- MT 7045
- räjähdysaineiden kuljetuslava törmäsi alikulkutunnelin yläosaan, lava ja liikenne-merkki vaurioituivat
- kuljetuksen korkeus 3,3-3,4 m, sillan sallittu alikulkukorkeus 3,0 m.

16. Kankaanpää, rautatien alikulkusilta, 28.5.1978

- Pt 13215 (Kankaanpää kk - Niinisalo)
- alikulkusillan suurin sallittu korkeus 3,6 m, ajoneuvon umpikorin korkeus 3,84 m, sillan sallittu alikulukorkeus osoitettu liikennemerkillä, jota kuljettaja ei huomannut (ajaa päivittäin erilaisilla autoilla ko. kohdasta)
- auto vaurioitui, samoin silta, junille rajoitettu kulkunopeus, 2 henkilölle "ei vähäisiä" vammoja
- kuljettajalle outo auto, jonka korkeutta hän ei tarkistanut.

17. Tampere, Lielahden rautatiesilta, 11.6.1978

- VT 3
- kuorma-auton hinauksessa ollut torninosturi törmäsi siltaan
- nosturi ja silta vaurioituivat
- sillan sallittu korkeus 3,8 m, nosturin korkeudesta ei tietoja
- kuljettaja ei tiennyt nosturin korkeutta, myöntää rikkoneensa lupaheitoja.

18. Saarijärvi kk, 11.1.1979

- Mt 651/Vt 13
- ei henkilövahinkoja
- sillan sallittu alikulkukorkeus 4,25 m (siltapalkki 4,45 m)
- tukkikuorma, korkeus 3,8-3,9 m, sen päällä puutavaranosturin kauha, joka osui siltapalkkiin, pieniä maalivaurioita, nosturi vaurioitui.

19. Kangasala, Rääkkölän silta, 18.4.1979

- Vt 12/Mt 310
- alikulku 4,7 m, kuorma 4,7 m
- sallittu alikulkukorkeus 4,54 m
- kuormana metsätraktori
- sillasta pudonnut nyrkin kokoinen betoni-kappale, esijännityskaapelit katkesivat (korjauskulut n. 60.000 mk)
- erikoiskuljetuslupa, jonka mukaan olisi pitänyt käyttää kiertotietä.

20. Tampere, Lielähti, 29.6.1979, rautatiesilta (3,81 m sallittu alikulku), VT 3

- ei henkilövahinkoja
- kontti vaurioitunut, rautatiesillan etuyläreunan metallipalkkeihin syviä naarmuja
- kuorman korkeus 4,15 m
- menomatkalla ollut erittäin varovainen ja kontti mahtunut sillan alta, tulomatkalla kuitenkin silta ilmeisesti matalampi ao. kohdalla ja kontti törmännyt siltaan.

21. Varkaus, Joutsenlahti, 18.2.1980

- Vt 5/Vt 23 (siltatyömaa)
- ei henkilövahinkoja
- siltapalkkeja pudonnut alas, vahingot suuret, siltapalkkien korkeus 4,1 m (ollut ennen siltaa korkolauta samalla korkeudella), sallittu alikulkukorkeus 4.0 m rakennustyön aikana
- kuorma-auton nosturi pudottanut palkit
- nosturi muuttanut ajon aikana korkeussuunnassa asentoaan; korkolauta ollut ajokaitan oikealla reunalla eikä kattanut koko ajokaistaa (liikkeelle lähtiessä kuorma ei ollut yli 4 m korkuinen).

22. Savonlinna, Ruislahdenkadun rautatiesilta, 17.4.1980
- VT 14
 - kuljetuslavetilla olleen kaivinkoneen puomi törmäsi siltaan, jolloin kone vaurioitui ja myös sillasta lohkesi pieni betonipala
 - kuljettajan mukaan kaivinkoneen puomi noussut kuljetuksen aikana
 - sillan sallittu alikulkukorkeus 4,0 m.
23. Imatra, Joutsenontien rautatiesilta, 15.8.1980
- PT 14859
 - k-autoon asennetun nosturin puomi liian ylhäällä, joten se törmäsi rautatiesiltaan, joka siirtyi paikaltaan sekä auto vaurioitui
 - autonkuljettaja loukkaantui
 - sillan suurin sallittu alikulkukorkeus 3,4 m.
24. Oulu, Pohjantie, 26.8.1980, Kemiralle johtavan radan rautatiesilta
- kuorma taloelementtejä, korkeus 4,7 m
 - sillan mitattu alikulkukorkeus 4,5 m, sallittu alikulkukorkeus 4,25...4,43 m
 - osa elementeistä särkyi, siltaan naarmuja (VR:llä ei vaatimuksia), viereisen kaistan uusi asfaltti rikkoontui (360 mk)
 - ei henkilövahinkoja
 - elementtejä oli viety aikaisemmin samaa reittiä, kuorma tällä kertaa korkeampi; kuljettaja ei tarkistanut korkeutta eikä hänelle tullut mieleen että se ei mahtuisi siltojen alta; oletti lupien olevan kunnossa.
25. Joensuu, rautatiesilta, 28.9.1980
- Mt 507 (Imatrantie)
 - sillan alikulkukorkeus 4,67 - 4,73 m (sallittu korkeus 4,43 m)
 - kuorman korkeus 4,95 m
 - ajoneuvo vaurioitui (auto kaatui)
 - 1 henkilö loukkaantui
 - sillan laipio naarmuuntui ja luiskaverhous naarmuuntui
 - kuorma seinäelementtejä
 - kuljetusliikkeellä ollut kaupungin ja TVH:n erikoiskuljetusluvut; kaupungin lupa kuitenkin vain 4,5 m korkeille kuljetuksille; kuorma oli tätä korkeampi
 - aikaisemmin vastaavat kuljetukset oli suoritettu toista tarkistettua reittiä, jolla ei ollut esteitä, tuntemattomasta syystä kuljettaja valitsi tällä kertaa eri reitin eikä varonut siltoja.

26. Keuruu, rautatiesilta, 4.11.1980

- KT 58
- auton puutavarano nosturi oli koholla ja törmäsi siltaan
- siltaan tuli vähäisiä vaurioita, nosturi irtosi autosta
- sillan todellinen alikulkukorkeus 4,40 m.

27. Parkano, Pihnarin silta, 12.1.1981

- VT 23
- kuormana olleen kontin korkeus 4,4 m, sillan sallittu alikulkukorkeus 4,1 m
- liikennemerkki lumen peitossa
- tielle pudonneeseen konttiin törmännyt henkilöauto, joka vaurioitui pahoin
- henkilöautossa olleet 2 naista saivat ei vähäisiä vammoja
- silta ei vaurioitunut
- kuorma-auton omistajalla erikoiskuljetuslupa 4,4 m asti ministeriöltä
- puoliperävaunu ja kontti vaurioituivat.

28. Koria, rautatien alikulkusilta, 31.3.1981

- Mt 364
- pioneeripataljoonan puominosturi ajoi puomi ylhäällä, jolloin puomin pää törmäsi siltaan
- nosturin vauriot n. 10.000 mk
- ei korkeustietoja.

29. Sipoo, Hangelby, kalkkirannan silta, 8.5.1981

- M 7
- kuorma-auton nosturi törmäsi siltaan, sillasta jäi roikkumaan harjateräs, johon myöhemmin törmäsi autoja kuljettanut kuorma-autoyhdistelmä, kuormana olleet 3 autoa vaurioituivat
- sillan korkeus 4,75 m
- sillan rikkonut kuljettaja oli ajatellut, että kuljetus mahtuu sillan alta, koska se oli mahtunut muittenkin siltojen alta
- kuljettaja ei ilmoittanut siltavauriosta.

VAKUUTUSYHTIÖITTEN TÖRMÄYSONNETTOMUUKSISTA
MAKSAMIA KORVAUKSIA

Vuosi	Korvaus (mk)	Korvauskohde
1975	3 017	silta
1976	520	portaali
1976	2 570	silta
1978	10 500	silta
1980	408	silta
1980	52 984	ei eritelty (siltaan vain vähäisiä vaurioita)
1980	157 500	kaivinkone
1980	70 053	ajoneuvo
	3 000	henkilövahingot, sillan kaide
1980	11 121	ajoneuvo
1981	35 600	perävaunu
	5 000	kontti
1981	82 229 ¹⁾	kuorma {3 h-autoa)
1981	10 000	nosturi }

1) ei vakuutusyhtiön maksama korvaus vaan kuulustelupöytäkirjassa esitetty arvio vahingon suuruudesta

SILTAVAHINGOT TIE- JA VESIRAKENNUSPIIRIEN ILMOITUSTEN MUKAAN

Kunta	Tie n:o	Todell. korkeus (m)	Siltatyyppi/ylittävä rakenne	Tapahtuma- vuosi	Korjaus- kust. (mk)	Mahd. suojaus- toimenpide 1)	Muut selvät vahingot, liitteen 1 onnetto- muusnumero
Askola	KT 55	4,80	Tbl/PT	1975	88500	Kiertot./T	
Mäntsälä	VT 4	4,64	Tbp/YT	1981	VV		
Espoo	KT 51	4,70	EjJl/KT:n ramppi	1972-81	VV		
Espoo	VT 1	4,70	EjJl/MT	1972-81	VV		
Espoo	VT 1	4,70	TbJl/PT	1972-81	VV		
Espoo	VT 1	4,70	TbJl/KT	1972-81	VV		
Sipoo	VT 7	4,76	TbJl/MT	1981	4500		Kuorma(autot) (29)
Hyvinkää	VT 3	4,62	Tp/MT	1980	204000	Töp/E	Ajoneuvo, kuorma
Pyhtää	MT 3561	4,06	Tbk/Tbet.kaari	1980	2500	KKR/T	KKR
Kotka	MT 357	3,90	TRp/Teräsristikko	1975	8000	KKR/T	KKR
Anjalankoski	VT 15	4,21	Tbl/RT	1980	2500		
Pyhtää	PT 14535	3,88	TR/Teräsristikko		VV	KKR/T	KKR
Kotka	VT 7	4,80	Tbl/Katu	1980	7000		
Kuusankoski	PT 14594	3,10	Tp/RT		VR		Silta siirtynyt
Kouvola	VT 6,	4,81	TbJl/MT	1980	Vak.yht.		
	VT 12						
Harjavalta	MT 246	4,95	Riippusilta	1970	2500		
Turku	KT 40	4,50	TbJl/VT	1980	20000		
Kangasniemi	MT 616	3,90	TR/Teräsristikko	1974	x	KKR/E	Ajoneuvo
Mäntyharju	MT 416	3,70	TR/Teräsristikko	1974	x	KKR/E	Ajoneuvo
Heinävesi	MT 476	4,70	Tp/RT	1978	60000		Ajon., silta siirtyi
Savonlinna	VT 14	4,20	Tbl/RT	1977	x		Ajon. (22)
Siilinjärvi	VT 5	4,56	TbJl/VT	1974	x		(6)
"	"	"	"	1980	5000		
Kuopio	PT 16415	3,90	TR/Teräspalkki	1973	x		
Iisalmi	MT 563	4,80	Tlangerp./Teräsp.	1972	x		
"	"	"	"	1978	x		

Selityksiä:

VV = Vähäisiä vaurioita, ei korjattu
 1)/E = Vahinko ennen suojaustoimenpidettä
 /T = Vahinko toteuttamisen jälkeen
 2) = Aukon korkeus ennen sen lisäämistä
 Tbl = Teräsbetoni-laatta
 Tbp = Teräsbetonipalkki

TbJl = Teräsbetonijatkuvalaatta
 EjJl = Esijännitetty jatkuvalaatta
 Tp = Teräspalkki
 Tbk = Teräsbetonikaari
 TR = Teräsristikko
 Jbe = Jännitetty betonielementti

x = ei tietoja
 KKR = kevyt korkeudenrajoitin
 SKR = Sähköinen korkeudenrajoitin
 Töp = Törmäyspalkki
 AKL = Alikulkukorkeuden lisäys

Kunta	Tie n:o	Todell. korkeus (m)	Siltatyyppi/ylittävä rakenne	Tapahtumavuosi	Korjauskust. (mk)	Mahd. suojaustoimenpide l)	Muut selvät vahingot, liitteen 1 onnettomuusnumero	n
Raahe	MT 8102	4,3	Tbl/RT	x	VV			
Raahe	MT 8103	4,4	Tbl/RT	x	VV			
Salla	KT 82	4,60	Tp/RT	x	x		x	
Salla	PT 19845	3,50	Tp/RT	x	x		x	
Ranua	PT 19586	3,8	TR/Tuulisiteet	1977	16700		Kaivinkone	
"	"	"	"	1977-	VV			
Kangasala	VT 12	4,8	Jbe I/MT	1976	60000		Kaivinkone (11)	
"	"	"	"	1980	5300		Metsätraktori (19)	
"	"	"	"	1981	1500		x	
Tammela	MT 2823	3,48	Langerp./päätyport.	-1973	2000	KKR/E, T	x	
Hämeenlinna	Katu	3,90	Tbl-Kehä/VT	1981	2000		x	
Virrat	MT 3352	3,90	Tp/RT	1980	x		x	
Lempäälä	VT 3	4,60	Tbl/YT	1977	4100		TVL:n Ka, silta siirtyi	
Tampere	VT 3	4,00	Tp/RT	-1979	x	SKR/E	x	
Hausjärvi	M 290	3,70	TR/yläsiteet	-1979	x	KKR/E	Kuorma (kontti) (13,17,20)	
Äänekoski	VT 4	4,80	Tb-kaari-ja p./poikkip.	1975	93500	AKL/E	x	
Laukaa	MT 640	4,89	TR/ristikko	1979	16200		-	
Outokumpu	MT 504	4,00	Tlp/RT	1972	1200		Ajoneuvo	
Outokumpu	MT 504	4,88	Tlp/RT	1982	6300	AKL/T	Kuorma (kattila)	
		(4,00) ²⁾						
Kontiolahti	KT 73	4,35	Tbk/RT	1975	73100	Kiertot./E	Kuorma (kaivinkone)	
Joensuu	VT 18	4,57	Tbp/RT	1982	1300		Ajoneuvo, kuorma	
Suomussalmi	MT 915	4,87	Langerp.	1976	50000			
Kajaani	VT 5	4,54	TbJl/MT	1981	5000			
Parkano	PT 13332	3,15	Tp/RT	1979	218000		Auton lava, puolukkalasti	
Parkano	VT 23	4,36	Tp/RT	1981	20000	Töp/T	K-auton kontti, h-auto, tör-	
							mäyspalkki 2 henk. loukkaant.	
							(27)	
Suonenjoki	VT 9	5,01	TbJl/YT	1981	3000			
Haapavesi	PT 18409	3,50	TR/Tuuliristikko	-1977	VV	Töp/E		
Kannus	MT 759	4,56	Laattakehä/RT	-1970	x			
Oulu	PT 18702	4,10	TR/Teräsristikko	1980	21800		-	
Oulu	VT 4	4,40	TbJl/VT	1977	4000		-	
Vihanti	PT 18560	3,0	Tbl/RT	x	VV			

SILTOJEN SUOJAUSTOIMENPITEET JA TIE- JA VESIRAKENNUSPIIRIEN KOKEMUKSET NIISTÄ

Selityksiä:

X = ei tietoja

Toimenpide	Piiri	Tot. vuosi	Todell. korkeus (m)	Siltatyyppi	Ylittävä tie tai rakenne	Toteuttamiskust. (mk)	Käyttö- t. kun- nossapitokust. (mk/a)	Huomaut.
Kiertotie	Uusimaa	1969	4,8	Tb-laattasilta	Paikallistie	x	x	Kiertotiellä jyrkkämäki
"	"	1972	4,8	Terässilta	Kt-51	Kunta ra- kentanut	200,-	
"	"	1977	4,9	"	"	"	200,-	
" (kokeilu)	Häme	1979	4,0	Teräspalkkisilta	Teoll.raide	x	x	Kiertotiellä silta h = 4,3 m Erikoiskuljetuksille
Kiertotie	K-Suomi	1980	5,13	Tb-jatkuva laat- ta	mt 641	225.000,-	350,-	
"	"	1981	5,13	Tb-laattakehä	Pt 16563	132.000,-	260,-	"
"	P-Karjala	1979	4,35	Tb-kehäsilta	Rautatie	x	15.000,-	Käytetty paljon
"	Lappi	1964	4,60	Tb-jatkuva laat- ta	"	-	4.000,-	Ei hankaluuksia
Törmäyspalkki	Uusimaa	1981	4,62	Teräspalkkisilta	Mt 136	52.000,-	x	Ei vaikuta riittävästi
"	Turku	1977	4,39	Teräspalkkisilta	Rautatie	30.000,-	-	Suunnitt. muu ratkaisu
"	K-Pohj.maa	1977	3,5	Teräsristikko- silta	Tuuliristikko	2.000,-	-	
Kevyt korkeud.raj.	Kymi	ennen 1970	4,06	Tb-kaarisilta	Teräsbetoni- kaari	x	6.000,-	Ei pysy kunnossa
"	"	"	3,90	Teräskaariris- tikko	Teräsristik- korak.	x	6.000,-	"
"	"	1973	3,88	Teräsristikko	"	x	6.000,-	"
"	Turku	x	3,82	Puukant.teräs- ristikko	Teräsrisk- tikko	x	3.000,-	"
"	Häme	ennen 1973	3,48	Langerpalkki- silta	Päätyportaa- lit	4.000,-	1.000,-	usein rikki, mallia kehitetty
"	"	1978	3,70	Teräsristikkos.	Rist.yläsiteet	60.000,-	2.000,-	Estänyt törmäykset
"	"	1971	3,60	Teräks.palkkis.	Rautatie	1.500,-	100,-	
"	Mikkeli	1979	3,90	Teräsristikkos.	Yläpaarre	20.000,-	-	Toiminut hyvin
"	"	1979	3,70	"	"	20.000,-	-	Ei erit.vaurioita
"	Kainuu	1964	3,40	"	Rautatie yläpaart.	10.000,-	4.000,-	Kokemukset kielteisiä
"	"	1964	3,40	"	"	10.000,-	4.000,-	"
Sähk.kork.rajoitin	Häme	1979	4,00	Teräspalkkisilta	Teoll.raide	90.000,-	1.000,-	Toimintahäiriöitä paljon

Toimenpide	Piiri	Tot. vuosi	Todell. korkeus (m)	Siltatyyppe	Ylittävä tie tai rakennus	Toteuttamiskust. (mk)	Käyttö- t. kunnossapitokust. (mk/a)	Huomaut.
Alikulkukork. li- sääminen	K-Suomi	1976	4,80	Tb-kaari ja teräspalkki	Poikkipalkki	93.500,-	-	
"	P-Karjala	1981	4,88	Teräslevypalkki	Rautatie	} 800.000, ¹⁾	-	Myös törmäyspalkki, kupera teräskisko Suunnitelma
Törmäyspalkki	"	1981	4,88	"	"			
Alikulkukork. li- sääminen	Kainuu	1986	3,83	Teräspalkki- silta	"	150.000,-		
Uusi päällysrakenne	} Turku	1978	4,36	"	"	} 218.000,-+		
Alikulkukork. lisäys								
						} 44.700,-		

1) Törmäyspalkkien hinta asennettuna noin 40 000 mk

ISBN 951-46-5562-1